

Título: Los tractores en una agricultura agroecológica y sostenible.

Autores: Dr C. José Antonio González Marrero*1

Dr C. Yoandris Garcia Hidalgo.*2

*1,2- Universidad Las Tunas

RESUMEN

En el trabajo se exponen un conjunto de requisitos y características técnicas, tecnológicas, explotativas y económicas para la selección y utilización de los tractores agrícolas en la mecanización de los procesos agrícolas que preserven o disminuyan los efectos negativos sobre el medio ambiente y estén acordes con la sostenibilidad agrícola. Se tratan aspectos en la selección de los tractores con un enfoque ecológico y sostenible, una valoración del Belarus 1221.2, las características ecológicas y de sostenibilidad de tractores de alta tecnología y las exigencias para la explotación o administración de los tractores relacionado con lo anterior, así como una breve valoración económica.

Palabras claves: tractores, agroecología, agricultura, energía, suelos, medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

La agroecología es una disciplina científica que sirve de fundamento científico de la agricultura sustentable, ya que brinda conceptos y principios ecológicos para analizar, diseñar, administrar y conservar recursos de sistemas agrícolas. Los propulsores de este enfoque parten de las técnicas y posibilidades de cada lugar y las adaptan a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas (Altieri et al. 2000).

La mecanización es uno de los elementos fundamentales en la producción vegetal, pues de ello depende la oportuna realización de las labores, la calidad de su ejecución, el ahorro de recursos económicos, humanos y energéticos y la

mejora de las condiciones de trabajo. La mecanización de la agricultura ha permitido aumentar la superficie que se puede sembrar y ha contribuido a aumentar las cosechas, principalmente por la precisión con que se pueden realizar las tareas agrícolas. Desafortunadamente, en algunas ocasiones la mecanización de los cultivos ha creado efectos secundarios indeseables en el ambiente, como la degradación, compactación y la erosión del suelo que conllevan a que algunos sistemas de producción sean insostenibles desde el punto de vista ambiental y económico.

La compactación de suelos es uno de los factores de mayor incidencia en la degradación de suelos agrícolas caracterizándose por la reducción del tamaño, continuidad y cantidad de poros del suelo. Este tipo de degradación física puede originarse por dos vías: en forma natural debido a ciclos de humedecimiento y secado del suelo o artificialmente mediante la aplicación de cargas pesadas. Esta última fuente es la de mayor contribución a los procesos de compactación en los suelos altamente productivos y mecanizados, siendo consecuencia del tránsito de maquinaria, equipos e implementos agrícolas sobre la superficie del suelo (Pla y Nacci, 2001).

La aplicación continua de cargas provenientes del peso de la maquinaria agrícola sobre el suelo origina gradualmente un deterioro estructural, lo que se manifiesta principalmente en menor disponibilidad de aire y agua para las plantas, menor penetración radical, menor acceso a los nutrientes, menor infiltración, mayores riesgos de erosión hídrica y en algunos casos en reducción de la productividad de suelos y cultivos (Nacci *et al.*, 2002).

El efecto negativo de los tractores sobre los sistemas agropecuarios está dado por la emisión de partículas contaminantes (gases nocivos, gotas de gasoil, aceites, grasas) y el deterioro del suelo que provocan. Este último efecto se evidencia en la compactación de los mismos y en la modificación de la estructura de estos debido a la presión que ejercen sobre el terreno durante el tráfico y el patinaje de los neumáticos.

La selección del tractor adecuado debe satisfacer la demanda energética de las máquinas e implementos que se utilizarán en la mecanización de un determinado cultivo y poder adecuarse a las condiciones edafoclimáticas y socio económicas de la región. La adquisición del tractor se justifica si origina un beneficio económico, productivo y social y no provoca afectaciones ambientales graves.

Si se utilizan apropiados tractores y una adecuada explotación de los mismos, considerando la reducción y la prevención de los efectos ambientales negativos sobre el suelo y los cultivos y la explotación adecuada y racional de estos; se puede lograr un sistema de mecanización ecocompatible y sostenible que garanticen la preservación del medio ambiente y alta eficiencia económica y productiva de las unidades de producción agrícolas.

El artículo tiene como objetivo exponer un conjunto de requisitos y aspectos técnicos, tecnológicos, explotativos y económicos para la selección y utilización de los tractores agrícolas en la mecanización de los procesos agrícolas que preserven o disminuyan los efectos negativos sobre el medio ambiente, aumenten la productividad y se logre alta eficiencia productiva y económica de las unidades productivas que garanticen la sostenibilidad de las mismas.

DESARROLLO

1. Selección de los tractores.

La selección de un tractor depende de muchos factores, entre los cuales deben predominar los de índole económica. Antes de efectuar la compra de equipo o maquinaria agrícola, debe empezarse por hacer un estudio de costo-beneficio que determinará la decisión a tomar. Esto significa que su compra está justificada únicamente si los beneficios que con ella se obtienen, son superiores a los gastos en que el agricultor incurrirá en su adquisición, operación y mantenimiento y si el trabajo que realiza la máquina resulta más rentable que si se subcontratara mano de obra o se alquilará maquinaria para tal efecto. Por lo tanto, debe hacerse una comparación entre los costos del equipo y su operación y los costos del trabajo

por contrato. En el análisis económico también debe tenerse en cuenta que la selección de la maquinaria no depende solo del empleo que se le dará actualmente, sino también del posible crecimiento que pueda tener la explotación agrícola.

Otros aspectos económicos importantes que deben tenerse presentes son el tipo de garantía que ofrece el vendedor y los servicios pos-venta que lo respalda. Además, la empresa vendedora debe garantizar el suministro de repuestos, ya sea en forma inmediata o en periodos cortos, así como tener personal especializado a disposición de los clientes.

En aspectos técnicos, como un segundo criterio de decisión, se hace necesario conocer suficiente información técnica sobre la maquinaria que desea adquirirse, de tal manera que la información incluya, al menos, aspectos tales como la potencia que desarrolla la máquina, las operaciones o trabajos que realiza y su adaptación a las condiciones del suelo y del clima en donde va a utilizarse. Antes de adquirir una máquina, debe verificarse si se adapta a las condiciones del suelo donde debe operar y si cuenta con la potencia requerida para llevar a cabo el trabajo asignado, porque si no cumple con esas condiciones, probablemente tendrá un mal funcionamiento y no cumplirá a cabalidad con su cometido.

Como tarea fundamental se comparan las características técnicas de diferentes modelos y sus parámetros más importantes: precio, facilidades de pago, consumo específico de combustible, potencia, adecuación para las labores a realizar, etc. Posteriormente se debe entrar en detalles particulares como son: facilidad de reparación y mantenimiento, garantía del suministro de piezas de repuesto, etc. (Ríos *et al.*, 2006).

Utilizar un tractor de menor potencia redundará en una mayor eficiencia económica y energética del sistema de mecanización al reducirse los costos de explotación por concepto de mantenimiento, reparación y gastos de combustibles y lubricantes y por tanto superior sostenibilidad del sistema productivo lo que coincide con lo investigado Hamza & Anderson (2005).

1.1. Estudio de caso. Valoración ecológica y de sostenibilidad del Belarus 1221.2

El BELARÚS 1221.2 (4 4) equipado con un motor de 95,6 kW (130 HP) se puede considerar un tractor ecológico debido a sus características técnicas y explotativas que posee. Está destinado para la realización de diferentes trabajos agrícolas con máquinas e implementos suspendidos, semisuspendidos remolcados, en el transporte, con medios de carga-descarga, complejos de recolección y para el accionamiento de diferentes máquinas agrícolas estables. La doble tracción le permite un mejor aprovechamiento de sus capacidades energéticas, en especial el uso eficiente de la fuerza traccional y por consiguiente, la potencia del motor, que es directamente proporcional a la productividad del equipo. Además, esta característica permite una mejor distribución del peso del tractor entre los neumáticos delanteros y traseros lo que hace que la presión específica sobre el terreno de las ruedas sea de 140 kPa y con ello disminuya los efectos negativos de la compactación. Por otra parte, esta cualidad conlleva a un aumento de la capacidad de agarre y con ella a una disminución importante del patinaje del tractor el cual es un efecto muy dañino que incide sobre el deterioro de los suelos sobre todo sobre su estructura y compactación. (Belarus, 2012).

Otra característica de este tractor que lo hace menos dañino al suelo son los tipos y dimensiones y de neumáticos delanteros (420/70R24) y traseros (18,4R38) que utilizan. Estos conllevan a que la presión específica sobre el terreno de las ruedas disminuya, además son neumáticos del tipo radial en los cuales se da una relación altura/anchura de balón de entre el 65 y el 75 %. Además, son neumáticos de baja presión de inflado y ancho balón lo que producen una mayor área de contacto con el suelo y con ello a que exista una menor presión sobre el terreno y por tanto una menor compactación del mismo. Estas características de los neumáticos y su influencia sobre las propiedades físicas del suelo y deterioro de las mismas han sido estudiadas por Hilbert & Pincu (2000), Smith *et al.* (2005), Nagaoka *et al.* (2003), Hamza & Anderson (2005) y Keller & Arvidsson (2004) y otros que constatan lo antes explicado.

Otras características que tiene este tractor es el tipo de diferencial con bloqueo automático que permite reducir el patinaje de los neumáticos y con ello los efectos negativos sobre el suelo, además posee un motor con turboalimentación que lo hace más eficiente con un consumo específico de combustible a potencia de explotación de 243 g/kw•h y la reducción en la emisión de gases y partículas nocivas.

En la explotación del tractor Belarus 1221.2 y para cualquier otro modelo o marca, se instruye que trabajen en las velocidades máximas permisibles y con la humedad óptima del suelo con lo cual se consigue una menor compactación de los suelos según Bragachini (2003), González *et al.* (2009) y otros; así como que se mantenga un estado óptimo de funcionamiento a través del cumplimiento estricto de las actividades del mantenimiento técnico lo cual permite mantener y reducir los costos de explotación y con ello la eficiencia económica obtenida en las unidades agrícolas.

1.2. Selección de los tractores con un enfoque ecológico y sostenible.

En la selección de los tractores se deben de tener un conjunto de factores que sustenten el enfoque ecológico y sostenible entre los cuales se encuentran:

- Tractores universales-versátiles (que se pueden utilizar en todas las labores),
- Bajos consumo específico de combustibles a potencia de explotación (g/kw.h),
- Motores de los tractores con las normas ecológicas establecidas con elevada eficiencia y autoregulación del sistema de alimentación de combustible según el grado de carga del motor del tractor,
- Tractores con doble tracción con conexión automática de la misma,
- Utilización de neumáticos radiales de baja presión (de inflado) y balón ancho y la posibilidad del tractor de utilizar dobles ruedas,
- Bloqueo automático del diferencial,
- Lastrado mecánico e hidráulico cambiables,

- Baja presión específica del tractor sobre el suelo,
- Alta gama de velocidades de trabajo,
- Capacidad y facilidad de cambiar la vía (trocha) de las ruedas traseras y delanteras,
- Bajo peso del tractor en relación con la potencia,
- Alta visibilidad y maniobrabilidad, confiabilidad y seguridad y capacidad de paso,
- Facilidad y menores costos de reparación y mantenimiento para la reducción de los gastos,
- El precio de venta y demás aspectos de adquisición,
- Respaldo de piezas de repuestos, asistencia técnica, capacitación e infraestructura,
- Diseños ergonómicos adecuados.

Las características anteriores permiten prevenir el deterioro de los suelos, alta eficiencia y productividad de trabajo y la reducción de los costos de empleo de los tractores y de la producción, o sea, hacer que la agricultura sea más eficiente y sostenible, respetando, al mismo tiempo el medio ambiente.

2. Tractores de alta tecnología con características ecológicas y de sostenibilidad.

La selección de los tractores de alta tecnología se fundamenta en la eficiencia técnica, tecnológica y en lo productivo que tienen los mismos y que respetan al mismo tiempo el medio ambiente con lo más adelantado en tecnología, que integran la mecánica, la electrónica, la automatización, la informática y las tecnologías de la información y las comunicaciones con la agricultura y el medio ambiente.

2.1. Tractor Pauny completamente ecológico.

Se trata del Concept Tractor 500 Mglp, un vehículo que funciona a partir de gas licuado de petróleo, por lo que sus emisiones contaminantes son cero. Sus tubos permiten almacenar 250 litros de gas licuado de petróleo, con los que puede

funcionar durante 10 horas. Permitiría reducir aproximadamente en un tercio los costes de producción agrícola. Es un tractor de doble tracción, con las ruedas traseras y delanteras gemelas y de igual tamaño. Usa neumáticos de radiales de baja presión y ancho balón. Excelente diseño tecnológico (completamente automatizado) y ergonómico.

2.2. Tractor ecológico New Holland NH2.

New Holland, uno de los mayores fabricantes de estos vehículos, ha presentado en sus planes producir un tractor movido con una célula de combustible. Hidrógeno concretamente. El modelo en cuestión, llamado de momento NH2, es tan sólo un prototipo. Por ahora posee un motor de 106 CV que transmite el par a las cuatro ruedas y presume de no lanzar ninguna emisión al aire. El fabricante espera solucionar un par de problemas que se le plantean. El primero es la corta autonomía que ofrece el combustible, pues dos horas de duración es algo inviable en el campo. El segundo su elevado precio, algo que sólo mejorará con el paso del tiempo y la amortización de las investigaciones llevadas a cabo en este terreno. Lo que sí tienen ganado de antemano es la aceptación del público en general, por las buenas intenciones y el haber creado un tractor realmente atractivo en su diseño. Es totalmente automatizado, con doble tracción, neumáticos radiales, anchos de balón y de bajas presiones de inflado.

2.3. Tractores automatizados inteligentes con tecnología ECOBLUE.

Ya en el mercado existen tractores en los que se ha logrado en su diseño y fabricación una alta integración entre la mecánica, la electrónica, la automatización, la informática, las tecnologías de las comunicaciones y el medio ambiente dando lugar a equipos inteligentes altamente automatizados y ecocompatibles. Estos tractores están incorporados a la llamada agricultura de precisión. En ellos se destacan las marcas New holland (serie T8), John Deere, Case IH, Massey Ferguson, Fendt, Valtra.

Las principales características de estos tractores de alta tecnología que los distinguen son:

- Una distancia entre ejes más larga que permite mayor estabilidad al circular a velocidades de transporte elevadas, realizar tareas de laboreo más rápidas, de manera eficiente y más tracción para las aplicaciones que requieren gran fuerza en la barra de tiro.
- Poseen sistema integrado de elevador delantero (sistema de enganche o suspensión de 3 puntos) y árbol toma de fuerza (ATF) que permite acoplar y accionar una gama completa de implementos delanteros.
- Permiten la instalación de ruedas gemelas (dobles) delanteras y traseras, del tipo radial, de baja presión y balón ancho (extra anchos) que incrementan la tracción y reducen la compactación en condiciones exigentes, sin que esto afecte su capacidad de realizar giros completos gracias a la posición adelantada del eje delantero y el diseño de la parte frontal.
- Presentan transmisión continuamente variable Auto Command, transmisión Full PowerShift (cambio completo automático de la relación de transmisión) con un sistema de gestión de la velocidad de avance (GSM), que cuando cambian las condiciones de carga, mantiene automáticamente una velocidad de avance fija. El sistema automático se encarga de adaptar el régimen del motor y la transmisión de forma que la velocidad de avance se mantenga fija, ofreciendo un equilibrio perfecto entre el nivel de productividad y el ahorro de combustible.
- Tienen incluidos la tecnología de punta ECOBlue™ SCR (serie T8 New Holland) que satisfacen las normativas Tier 4ª que ofrecen un rendimiento mejorado independientemente de la calidad del combustible y del contenido de azufre, sin necesidad de costosos aditivos para gasóleo, producen más potencia con menos combustible y emisiones más limpias así como la reducción de los costes de mantenimiento a un 17%, motivado por la mejora en el consumo de combustible y a los prolongados intervalos de mantenimiento (un 100% más largos que contribuye a prolongar la vida del motor). La tecnología garantiza motores de funcionamiento limpio, con mayor rendimiento y un consumo más reducido de combustible.
- Cuentan con gestión de potencia del motor que consiste en que el motor

desarrolla más potencia y par en función de la carga de la transmisión, el sistema hidráulico y la toma de fuerza y transporte, alcanzando hasta 49 CV adicionales en el NH T8.390.

- Presentan un bajo nivel de consumo específico de combustible (menos de 201 g/kWh) y depósitos de combustible de alta capacidad (más de 310 l) que le facilita trabajar durante largas jornadas sin tener que repostar.
- Poseen un sistema de gestión de la tracción Terralock™ que gestiona automáticamente el accionamiento de la doble tracción y el bloqueo del diferencial, tanto delantero como trasero, además el sistema se encarga de desconectar la doble tracción durante los giros en cabecera para optimizar la maniobrabilidad. El sistema de gestión de la tracción Terralock™ de New Holland tiene una eficacia probada. Basta con pulsar un simple mando en la cabina para que el sistema Terralock™ active automáticamente el bloqueo de los diferenciales del eje delantero y trasero y también accione la doble tracción para asegurar la tracción de las cuatro ruedas en caso de condiciones adversas. Los bloqueos del diferencial se desconectan automáticamente al elevar el implemento o accionar uno de los frenos. El sistema Terralock™ se desconecta automáticamente cuando el tractor supera los 14 km/h, para un mayor rendimiento.
- Diseños ergonómicos de primera línea con una cabina amplia y silenciosa con niveles de ruido menores a los 72 dBA.
- Tractores de alta versatilidad, más ligeros, compactos y maniobrables de su categoría.
- Presentan un sistema de dirección que garantiza giros ágiles, sin marcas en el terreno ya que el ángulo de caída de las ruedas delanteras durante el giro de 50 grados se mantiene prácticamente vertical, a fin de que el neumático conserve la mayor superficie de contacto con el suelo con lo cual causa menor compactación a la vez que se mantiene un excelente control de la dirección. El ángulo de giro se puede reducir hasta 5,4 m, sin necesidad de frenar.
- Tienen instalado monitores táctiles (INTELLIVIEW) totalmente compatible con

los sistemas de autoguiado (IntelliSteer) que dan información completa del tractor y del trabajo que realiza.

- Poseen sistemas de autoguiado totalmente integrado que mejoran la productividad del tractor uniendo la tecnología DGPS o RTK al control totalmente integrado, el sistema IntelliSteer garantiza una precisión entre pasadas paralelas de hasta 1-2 cm y es perfecto para realizar trabajos de precisión incluso en las situaciones más exigentes (cualquier condición climática, en ambientes oscuros y polvorientos, durante las jornadas de trabajo más largas y exigentes).
- Utilización de la tecnología CAN BUS e ISO BUS que hace que la conexión entre el tractor y sus implementos se integre plenamente. El ISO BUS es para el tractor lo que el “plug and play” para el ordenador; se engancha una máquina compatible, tal como una empacadora New Holland, el sistema ISO BUS lo reconoce y conecta automáticamente los mandos de la empacadora y el tractor, facilitando el ajuste y el funcionamiento.
- Instalación de un sistema de secuencia de giro en cabecera (HTS) fácil de configurar y utilizar (basta con grabar las operaciones deseadas al final de la parcela, después, estas operaciones se repetirán automáticamente tras pulsar un botón).
- Utilización de suspensión Terraglide™ independiente en las ruedas delanteras, desarrollada específicamente para hacer frente a las velocidades potencialmente altas de transporte en los tractores. En el campo, el sistema ayuda a amortiguar las sacudidas que recibe el tractorista, y ofrece sus máximos beneficios cuando se combina con la cabina con suspensión Comfort Ride™.
- Los tractores poseen una alta capacidad de elevación hidráulica tanto en el sistema de suspensión trasero como en los delanteros y demás dispositivos instalados, velocidades en el ATF de 1000 y 540 rpm. La toma de fuerza trasera incluye un sistema de TDF automática que para la misma cuando se sube el elevador. El sistema vuelve a accionar la toma de fuerza cuando el elevador se

baja hasta un punto previamente determinado, modulando el suministro de potencia para proteger la transmisión de la TDF.

3. Exigencias para la explotación o administración de los tractores con enfoque ecocompatible y de sostenibilidad.

El uso adecuado y racional de los tractores durante la realización de los trabajos agrícolas es indispensable para lograr una alta eficiencia económica de los mismos y la prevención del deterioro de los suelos.

La eficiencia económica de los tractores está determinada por la productividad del trabajo lograda (ha/h) y la reducción de los costos de explotación (\$/ha) durante la realización de los trabajos, para ello son necesarias:

- ❖ Utilizar un tractor de potencia o clase traccional según los requerimientos de energía que requiere la labor a efectuar y los implementos o máquinas que se poseen, o sea una composición adecuada del conjunto tractor-máquina o implemento para el aprovechamiento máximo de la potencia.
- ❖ Ejecutar las labores a las más altas velocidades de trabajo permisibles según las posibilidades de la máquina o implemento agregado, exigencias del trabajo y las condiciones del campo, conectando una relación de transmisión o grado de marcha que garantice el máximo aprovechamiento de la fuerza de tracción (según la resistencia que ofrece la máquina o implemento) y con ello la potencia del motor, la cual es directamente proporcional a la productividad del tractor.
- ❖ La disminución de los recorridos en vacío durante el trabajo del tractor, dentro de lo cual es importante la reducción de los recorridos en los virajes en las cabeceras de los campos o franjas de viraje que está estrechamente relacionado con el ancho de éstas y el método de movimiento empleado para la ejecución de la labor y otras cuestiones organizativas del proceso que se ejecuta que conllevan a pérdidas de tiempo innecesarias.
- ❖ Una asistencia técnica adecuada y planificada del tractor que disminuyan las roturas o fallas durante el trabajo, un funcionamiento óptimo del motor y

el de los demás sistemas y mecanismos que lo componen y el alargamiento de la vida útil de mismo.

- ❖ La utilización de todas las posibilidades de agregación y potencia del tractor (tanto trasera como delantera) que faciliten hacer varias labores al mismo tiempo y anchos de trabajos amplios.
- ❖ La eliminación o disminución del patinaje que tiene un efecto muy negativo sobre la productividad del tractor y además sobre el deterioro del suelo.
- ❖ Trabajar en campos lo más nivelados posibles.
- ❖ Los campos que se van a mecanizar deben tener un adecuado largo y ancho de las parcelas.
- ❖ Ancho adecuado de las amelgas durante la labranza.
- ❖ Ubicación adecuada de los puntos de carga durante los procesos de siembra, fertilización y aplicación de productos fitosanitarios y otros.
- ❖ Eliminación de obstáculos: piedras, zanjas, troncos, etc.
- ❖ Una adecuada preparación del operador del tractor.

La prevención del deterioro de los suelos se logra con la disminución de la presión específica de los neumáticos del tractor sobre el suelo (distribución del peso del vehículo sobre áreas de contacto mayores) y la disminución del patinaje y pasadas sobre el terreno. Para ello es necesario según Hamza & Anderson, 2005; Richmond & Rillo, 2006; Yavuzcan *et al.* 2005; Hilbert & Pincu 2002; Smith *et al.*, 2005; Keller & Arvidsson, 2004, 2007; Bragachini *et al.* 2003; Keller, 2004; Botta *et al.*, 20003, 2007, 2008; Lipiec & Hatano, 2003; Nagaoka *et al.* 2003; y Arvidsson 2004:

- ❖ Utilizar neumáticos del tipo radial, de baja presión y de mayor diámetro y gran ancho de rodada o balón.
- ❖ Utilizar una presión de inflado de los neumáticos según el tipo de labor a realizar y la dureza y humedad del suelo según indica el fabricante en los manuales de explotación.
- ❖ Utilizar la velocidad máxima de trabajo permisible para que el peso del tractor permanezca la menor cantidad de tiempo posible sobre una zona de

suelo.

- ❖ Utilizar dobles ruedas tanto traseras como delanteras (si el tractor lo permite) cuando se ejecuten labores que demandan gran esfuerzo de tracción como lo es la preparación de suelos.
- ❖ Utilizar el bloqueo del diferencial y la tracción delantera con labores que demanden gran potencia de tracción, así como en suelos sueltos y con alta humedad.
- ❖ Utilizar el lastrado mecánico e hidráulico en labores de alta demanda de fuerza de tracción y elevada humedad del suelo.
- ❖ Realizar el control de las pasadas o tráfico del tractor sobre el campo.
- ❖ Trabajar con humedad óptima del suelo.

Además, para prevenir la contaminación de los suelos es necesario:

- Evitar salideros o vertimientos de combustibles, aceites y grasas.
- Establecer áreas para la limpieza y lavado de los tractores y demás máquinas.

4. Valoraciones económicas en la selección de los tractores.

En lo económico el uso de un tractor o maquinaria agrícola está justificada únicamente si los beneficios que con ellos se obtienen, son superiores a los gastos en que el agricultor incurrirá en su adquisición, operación y mantenimiento y si el trabajo que realiza la máquina resulta más rentable que si se subcontratara mano de obra o se alquilará maquinaria para tal efecto. Por tanto, debe hacerse una comparación entre los costos del equipo y su operación y los costos del trabajo por contrato.

En el análisis económico también debe tenerse en cuenta que la selección de la maquinaria no depende solamente del empleo que se le dará actualmente, sino también del posible crecimiento que puede tener la explotación agrícola.

También se tendrán en cuenta otros aspectos económicos como tipo de garantía que ofrece el vendedor y los servicios pos-venta que los respalda. En lo técnico información técnica sobre la maquinaria que desea adquirirse como: Potencia que

desarrolla o que consume la máquina, operaciones o trabajos que realiza, productividad horaria, ancho de labor, velocidades de trabajo, adaptación a las condiciones del suelo y del clima (temperatura, altitud) del lugar donde se utilizará; así como tratar de adquirir máquinas de las mismas marcas, tipos y tamaño, porque permiten tener repuestos, que facilita el mantenimiento, reparaciones y operación del equipo, en menor tiempo (Alvarado Chaves, 2004).

CONCLUSIONES

- La adecuada selección de los tractores con un enfoque ecológico y de sostenibilidad para la mecanización agrícola, responde a un conjunto de requisitos y aspectos relacionados diseño estructural, técnico y tecnológico y al cumplimiento de exigencias de explotación o administración durante su utilización.
- El diseño y desarrollo de los tractores actuales se corresponden con los enfoques de una agricultura ecológica y sostenible siempre y cuando se utilicen de modo racional y se aprovechen adecuadamente sus potencialidades técnicas explotativas en dependencia de las condiciones concretas de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri M; Nicholls C. (2003). Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable, 1ª edición. PNUMA. México DF. P. 250.
2. Alvarado Chaves, Armando. 2004. Maquinaria y Mecanización agrícola. Editorial Universidad Estatal a distancia, San José, Costa Rica. ISBN 9968-31-332-7. Pág. 511.
3. Arvidsson J. y Keller T. (2007). Soil stress as affected by wheel load and tyre inflation pressure. Suiza: Soil & Tillage Research, 96: 284–291.
4. Arvidsson, J., T. Keller, and K. Gustafsson. (2004). Specific draught for mouldboard plough, chisel plough and disc harrow at different water contents. Soil Tillage Research, 79:221-231.

5. Belarus tractor. (2012). Ficha técnica tractor Belarus 1221.2. Belarus. En <http://www.belarus-tractor.com/es-es/main.aspx?guid=1091>.
6. Belarus tractor. (2012). Metodología de selección de las máquinas para el tractor. Belarú En <http://belarus-tractor.com/es-es/main.aspx?guid=1141>.
7. Botta G., Balbuena R., Draghi L., Claverie J., Rosatto H. Ferrero C. (2003). Compactación de suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de labranza convencional. Argentina: AgroCiencia – Universidad Nacional de Luján.
8. Botta G., Pozzolo O., Bomben M., Rosatto H., Rivero D., Ressia M., Tourn M., Soza J., Vazquez J. (2007). Traffic alternatives for harvesting soybean (*Glycine max L.*): Effect on yields and soil under a direct sowing system. Argentina: Soil & Tillage Research, 96:145– 154.
9. Botta G., Rivero D., Tourn M., Bellora F., Pozzolo O., Nardon G., Balbuena R., Tolon A., Rosatto H., Stadler S. (2008). Soil compaction produced by tractor with radial and cross-ply tyres in two tillage regimes. Argentina: Soil & Tillage Research 101:44–51.
10. Bragachini M.; Bongiovanni R.; Ljubich M.; Gil R.; Bonetto L.; Birón A. (2003). Sistemas de traslado de equipos para reducir la compactación. INTA. Rivadavia 1439 (1033). 1-47. Buenos Aires, Argentina.
11. González Cueto O.; Iglesias Coronel C.; Herrera M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18, 2: 57-63.
12. Hakansson I. & Lipiec J. (2000). A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. Suiza: Soil & Tillage Research 53: 71-85.
13. Hamza M. & Anderson W. (2005). Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and posible solutions. Australia: Soil & Tillage Research 82: 121-145.

14. Hilberth J. & Pincu M. (2002). Compactación y rodadura producida por tres dotaciones de neumáticos. Argentina: Instituto de Ingeniería Rural – INTA – CIA.
15. Keller T. & Arvidsson J. (2004). Technical solutions to reduce the risk of subsoil compaction: effects of dual wheels, tandem wheels and tyre inflation pressure on stress propagation in soil. Suiza: Soil & Tillage Research, 79, 191–205.
16. Keller, T. (2004). Soil compaction and soil tillage studies in agricultural soil mechanics, Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, Uppsala, Suecia.
17. Nacci, S., Ramos, C. e I. Pla. 2002. Dynamics of the soil physical properties in vineyards highly mechanized of the Anoia-Alt Penedes. Region. (Catalunya, Spain). In: J.L. Rubio et al. (eds.). Man and Soil at the Third Millenium. Edit. Geoforma. Logroño, España.
18. New holland agriculture. (2008). Tractor New holland T7500. Published by New Holland Brand Communications, Italy.
19. New holland agriculture. (2012). Tractor New holland T8. Published by New Holland Brand Communications, Italy.
20. Pla, I. y S. Nacci. 2001. Impacts of mechanization on surface erosion on mass movements in vineyards of the Anoia-Alt Penedés Area (Catalonia, Spain). In: Scott et al. (eds.). Sustaining the Global Farm. Purdue Univ. West Lafayette, IN. pp. 812-816.
21. Richmond P. & Rillo S. (2006). Evaluación del efecto de la compactación por el rodado de maquinas sobre algunas propiedades físicas del suelo y el cultivo de trigo en siembra directa. Argentina: INPOFOS Informaciones agronómicas No 32.
22. Ríos A.; Villarino L. (2006). Conferencia de Hortalizas y granos. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria. Boyeros, La Habana, Cuba.

23. Smith J., Hilbert J., Aucana M. (2005). Clasificación de vehículos en función del grado de compactación ejercida sobre suelo agrícola. Argentina: Instituto de Ingenieria Rural – INTA – CIA.
24. Terminiello, A; R Balbuena; M Ariata; J Hilbert; J Claverie & D Jorajuría. 2007. Descompactación del suelo y tráfico de siembra. Efectos sobre el rendimiento de soja (*Glycine max L merr*). In: congreso argentino de ingeniería rural. 9. Congreso del Mercosur. 1. 2007 09 19-22, 19 al 22 de septiembre de 2007. Córdoba. Ar.
25. Yavuzacn H., Matthies D., Aurnhammer H. (2005). Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: impacts of tillage method and soil water content. Turquía: *Soil & Tillage Research*, 84, 200–215.