

Evaluación de un sistema de Piloto Automático de Tractor en plantaciones de palma de aceite

Oscar Alberto Alfonso Carvajal¹, Hernán Mauricio Romero^{1, 2}



Notas del Director

El área sembrada de palma de aceite en Colombia en la actualidad se acerca a 400.000 hectáreas que generan aproximadamente 40.000 empleos directos y otro tanto indirectos. Como la palma está sembrada en regiones de baja densidad poblacional (de frontera y marginales), se ha configurado el fenómeno de escasez de mano de obra, por lo cual se hace necesario buscar soluciones de punta que conlleven a mejorar los rendimientos y la productividad de la misma.

La georeferenciación por medio de GPS ha avanzado en los últimos años y hoy permite controlar lo relacionado con las actividades en el campo, garantizar la calidad de las labores, incrementar los rendimientos de la mano de obra, facilitar el trabajo en condiciones de mala visibilidad y controlar el lugar y el tiempo de trabajo en cada máquina; todo lo cual conduce a disminuir costos de producción, optimizar procesos y garantizar las mejores condiciones para el desarrollo y crecimiento del cultivo.

Si el uso de GPS se acompaña de sistemas automáticos de control, como el piloto automático de tractores, se pueden obtener sistemas eficientes y eficaces para la realización de varias labores del cultivo, especialmente en cuanto a la preparación del terreno se refiere.

Por tanto, este Ceníavances presenta los resultados de la evaluación de un sistema de piloto automático para un tractor acompañado de GPS. Este ensayo es un preámbulo de lo que en un futuro cercano se verá en relación con estos sistemas que son de gran ayuda para facilitar y hacer más eficientes las labores del campo en el cultivo de la palma de aceite.

Atentamente,
José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
Director Ejecutivo de Cenipalma

Introducción

El avance que se ha presentado en tecnologías modernas de geoposicionamiento (GPS) y sistemas de información geográfica (SIG) ha permitido en el ámbito agrícola mejorar las eficiencias en el uso de insumos, recursos y mano de obra; además, estas tecnologías actualmente son más accesibles para la población mundial. El funcionamiento de estas tecnologías está basado en tres pasos lógicos: 1) triangulación, es decir, técnicamente se necesitan tres mediciones para ubicar nuestra posición; 2) medición de distancia y tiempo, logradas por emisión de señales de radio que miden el tiempo que tarda en ir y volver a los diferentes satélites; y 3) posición, ubicando los satélites exactamente en cada momento y corrección, mediante modelos y correcciones matemáticas incorporadas a los GPS modernos, (Ayala, 2009).

Dentro de las alternativas de las tecnologías agrícolas se han desarrollado sistemas guiados automáticamente para la operación de tractores con asistencia mínima del piloto, es decir, lo que se conoce como piloto automático de tractor. Para ello se cuenta con un sistema de guiado automático, el cual requiere para su funcionamiento de un ordenador móvil, pantalla de procesamiento y un receptor. Este sistema se puede montar sobre diferentes tractores y permite incrementar rendimientos, disminuir costos y aprovechar eficientemente la mano de obra existente.

Estas tecnologías permiten obtener grandes ventajas; según Lima et al. (2008) se puede lograr tener control interno y externo sobre documentación de operaciones y productos, recopilación, análisis y conservación de datos sobre labores realizadas y maximiza la eficacia del campo y de las prácticas realizadas en el cultivo. La tecnología divide en pistas guía la labor que se va a realizar y elimina sitios no labrados y el repase en sitios ya labrados; de igual forma, disminuye la pérdida de tiempo en los giros realizados al final de cada pista, lo que implica el incremento de rendimientos, aprovechar mejor el tiempo (diurno y nocturno) y disminuir costos de producción por menor consumo de combustible (Figura 1).

Según Barreiro et al. (2009), evaluaciones realizadas al sistema piloto automático concluyeron que la tecnología permite trabajar con precisión y errores inferiores al 3% en trayectorias lineales a baja y alta velocidad (7 y 15 km/h), en trayectorias curvas el error encontrado fue de 16%, observando un mejor ajuste a baja velocidad; para obtener óptimos resultados con la tecnología debe contarse con excelentes operarios y aperos en buenas condiciones, ya que malas calibraciones, descentrado, lastrado incorrecto y neumáticos indebidos, afectan la precisión del sistema.

En el presente Ceníavances se dan a conocer los resultados de ensayos realizados utilizando un sistema de piloto automático de tractor en labores realizadas en plantaciones de palma de aceite, con el fin de avanzar en el incremento de rendimientos,

¹ Sección de Mecanización, Programa de Agronomía, Cenipalma.

^{1,2} Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

E-mail: hromero@cenipalma.org

disminuir costos de producción y requerimientos de mano de obra para el sector.

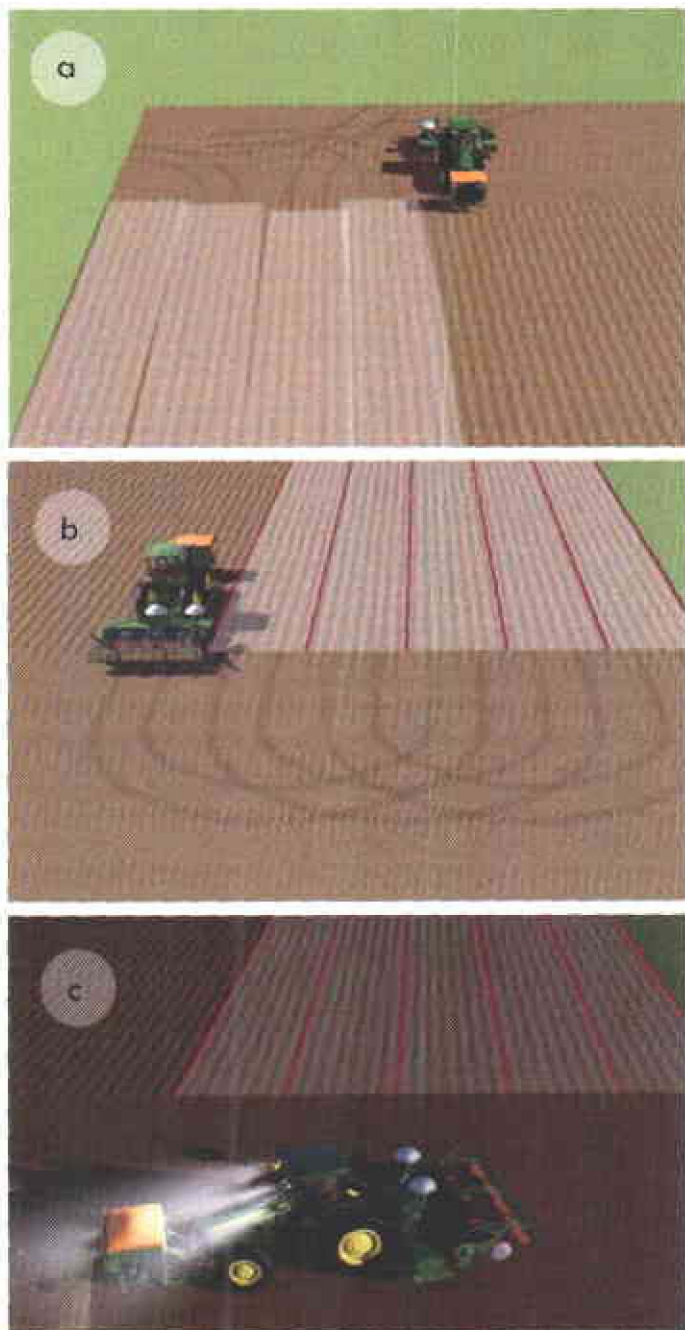


Figura 1. (a) Labor sin piloto automático: traslapes con lugares no labrados, repase de sitios ya labrados y giros lentos. (b) Labor con piloto automático: traslapes exactos y giros rápidos. (c) Trabajo nocturno con resultados similares a los trabajos diurnos. Fuente: John Deere.

Metodología

Para la realización de este trabajo se utilizó un tractor cabinado, rastra de 24 x 26" y cincel de tres puntas. Al tractor se le acopló un sistema de piloto automático que permitió el control de los desplazamientos de la máquina, utilizando tecnologías de geoposicionamiento (GPS) y la interface de controles especiales entre un computador y el tractor.

Antes de iniciar la capacitación y las pruebas correspondientes a la evaluación con y sin el sistema en diferentes labores realizadas para el establecimiento del cultivo de palma de aceite, se realizó la calibración del sistema, toma de mediciones y calibración del módulo de compensación del terreno (TCM, por su sigla en inglés). Posteriormente se llevó a cabo la respectiva capacitación sobre el manejo de la tecnología del piloto automático, así como del funcionamiento del tractor cabinado a un operario seleccionado por la plantación Hacienda La Cabaña. Esta capacitación hizo énfasis en la identificación de cada uno de los elementos que conforman el método de trabajo y en el conocimiento de las virtudes y manejo del equipo para las diferentes actividades a realizar. Una vez terminada la parte teórica, se inició un levantamiento geodésico de áreas con aproximadamente 1 hectárea, para aplicar diferentes labores y tomar rendimientos con y sin aplicación de la tecnología del piloto automático; para disminuir la variabilidad durante las pruebas se decidió utilizar el mismo tractor bajo las mismas condiciones operativas (velocidad, revoluciones, etc.).

Finalizadas estas actividades se realizaron, a modo de refuerzo de la capacitación, pruebas de cincelado en 2 hectáreas, una con aplicación de la tecnología y otra sin ella, para poder realizar comparaciones de rendimiento; una vez culminadas estas labores se iniciaron evaluaciones sobre la aplicación en rastra, cincel, trazado (diurno) y cincelado y trazado (nocturno) con la tecnología y sin ella.

Resultados y discusión

La calibración del receptor de posición se logró mediante la determinación de las respectivas distancias entre el eje trasero del tractor y la proyección vertical del v GPS, así como la distancia hasta el suelo; estas mediciones son incorporadas en la pantalla del procesador y ubican el GPS espacialmente; de igual forma, se debe realizar la calibración del TCM, la cual consiste en ubicar el tractor en una superficie plana y estable de frente y en sentido contrario; en la pantalla del procesador se observa la respuesta del ángulo de calibración que, para este caso, fue de $-0,5^\circ$; el TCM toma esta medición como referencia y la compara permanentemente en condiciones de trabajo en campo.

La tecnología consta de cuatro elementos básicos:

1. **Tarjeta de datos:** este componente es instalado en la parte trasera del monitor y sirve para almacenar parámetros de operación, cultivo y posición, así como otras aplicaciones.
2. **Monitor:** contiene los diferentes menús de operación y visualización de resultados para las diversas opciones de la tecnología.
3. **GPS:** recibe la señal de posicionamiento global y corrección satelital de la red de satélites, determinando de esta forma la ubicación del sistema (latitud, longitud y altura).
4. **Piloto automático:** permite brindar al sistema un guiado automático, ofreciendo varias opciones de movimiento, como son: línea, curva y ubicación espacial longitud - latitud.

Mediante el uso de la tecnología GPS se llevó a cabo el levantamiento de áreas para dos unidades de 1 hectárea cada una; en la primera unidad se llevó a cabo la aplicación de la tecnología y, en la segunda, no se tuvo en cuenta para realizar dicha labor; esta primera prueba fue considerada de capacitación para el operario, ya que es la primera vez que usa la tecnología en mención; en este caso se usó la labor de cincelado con tres astas. En la Figura 2 se observa el resultado del rendimiento encontrado.

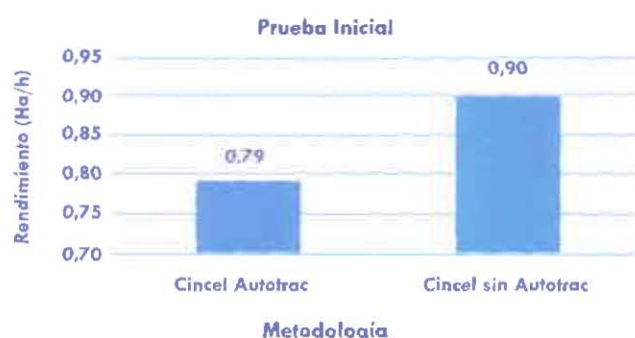


Figura 2. Evaluación de la tecnología en laboreo vertical con cincel.

Una vez terminadas las evaluaciones se pudo observar un menor rendimiento con el piloto automático, ocasionada principalmente por cambios de velocidad y revolución en la operación del tractor, interferencia en las pruebas del personal en el sitio de evaluación y, sobre todo, la inexperiencia del operario al final de cada línea guía en el manejo del sistema.

Finalizadas estas unidades de capacitación para el operario en el manejo del piloto automático y tractor cabinado, se realizó el levantamiento de ocho lotes de 1 hectárea aproximadamente, con el fin de realizar las evaluaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades de áreas levantadas y labor realizada.

Unidad	Área	Labor	Piloto automático (Autotrac)
1	1,16	Rastro	si
2	1,15	Rastro	no
3	1,16	Cincel	si
4	1,15	Cincel	no
5	1,10	Trazado	si
6	1,12	Rastro(Nocturno)	si
7	1,17	Rastro(Nocturno)	no
8	1,15	Trazado(Nocturno)	si

En las primeras dos unidades se realizó laboreo mediante una rastra con y sin el uso del piloto automático y se observó que la metodología usada incrementó el rendimiento en 7% con respecto a la unidad sin aplicación de ella. En la Figura 3 se observan los resultados.

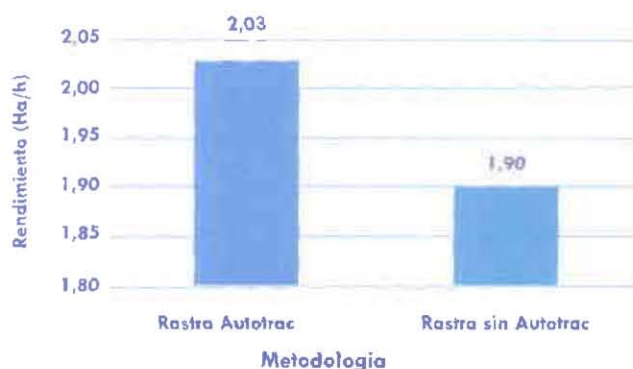


Figura 3. Evaluación de la tecnología en laboreo con rastra.

En las unidades 3 y 4 se realizó la aplicación de laboreo vertical con cincel de tres astas y se encontró un incremento con la utilización del piloto automático de 14% con respecto al laboreo sin él. En la Figura 4 se observan los resultados encontrados.

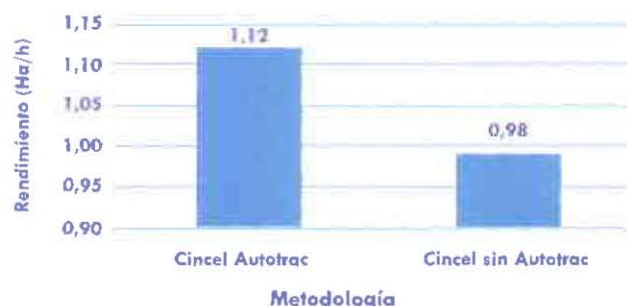


Figura 4. Evaluación de la tecnología en laboreo vertical con cincel.

En la unidad 5 se realizó el trazado de una plantación, teniendo como parámetro una distancia de 9,5 x 9,5 al tres bolillo; inicialmente, con la ayuda de la tecnología se ubica la dirección norte – sur; una vez encontrada se trazan las diferentes líneas a una distancia de 8,22 m (calles de cosecha); posteriormente se traslada esta dirección 60° con respecto a la norte – sur y se trazan las diferentes líneas; los puntos de cruce corresponden al sitio donde se realizaría la siembra de las palmas en el sitio definitivo (Figura 5). Finalmente, se llevó a cabo la medición de los puntos de ubicación y se encontró una alta precisión en el sistema para la realización de esta labor (Figura 6).



Figura 5. Trazado de norte – sur y diagonales en palma de aceite.



Figura 6. Verificación de medidas entre sitios de siembra.

Las siguientes unidades, 6 y 7, fueron realizadas en horas nocturnas, con el fin de evaluar el sistema bajo estas condiciones; en esta ocasión se utilizó una rastra en 1 hectárea aproximadamente, con piloto automático y sin él; de igual forma se observó un incremento en el rendimiento de 5% con el uso de la tecnología. En la Figura 7 se muestra el resultado encontrado.

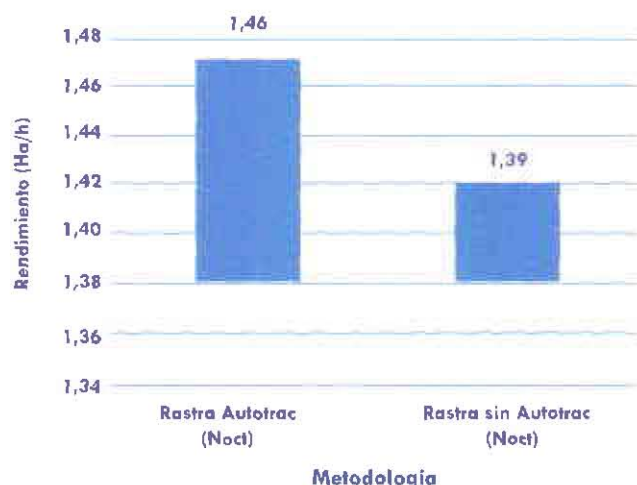


Figura 7. Evaluación de la tecnología en laboreo con rastra (Nocturno).

En la unidad 8 se realizó el trazado nocturno de una plantación. Los resultados son similares en cuanto a la precisión que arroja la tecnología en horas diurnas; por condiciones de visibilidad se constataron las distancias entre cruces al día siguiente (Figura 8).



Figura 8. Trazado de plantación y ubicación de sitio definitivo.

Conclusiones

La tecnología de piloto automático distribuye el área en pistas guía con ancho determinado a labores e implementos específicos (rastras, cindeles, subsoladores etc.), brinda alta precisión en la labor, elimina lugares no labrados y repase de lugares ya labrados, por lo que se obtienen, de esta forma, traslapes exactos que permiten incrementar rendimientos y disminuir consumo de combustibles por giros en las cabeceras, lo cual conlleva a tener una alta calidad de la labor realizada.

El piloto automático permite realizar un trazado de plantación con alta precisión y exactitud de distancias entre sitios definitivos,

dando la posibilidad de mejorar rendimientos en la labor de trazado y estaquillado para plantaciones nuevas. Se obtiene la posibilidad de aprovechar de igual forma el tiempo (diurno y nocturno) con resultados óptimos, ya que la tecnología brinda la precisión necesaria, independiente de la visibilidad del operario y control sobre los traslapes de la labor.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a John Deere - Casa Toro S.A. por el acompañamiento y suministro de la tecnología necesaria para la evaluación del piloto automático, así como a la plantación Hacienda La Cabaña por la colaboración prestada durante el desarrollo de las pruebas con esta tecnología promisoría para realizar labores en las plantaciones de palma de aceite. La investigación en Cenipalma cuenta con la financiación de Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero.

Bibliografía

- Ayala R. 2009. Historia, cronología, funcionamiento y aplicación del GPS a través de tres décadas. <http://homepages.mty.itesm.mx/al584299/mypaper.htm> Revisado 6/4/2009.
- Barreiro P.; Diezma B.; Ruiz, L.; Valero C. 2009. Prueba en campo con el sistema de guiado integrado AutoTrac de John Deere. Dpto. Ingeniería Rural, Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.eumedia.es/user/articulo.php?id=554>. Revisado 5/4/2009.
- Bernal F. 2001. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio: guía general para el nuevo palmicultor. Fedepalma.
- Fedepalma. 2007. Anuario estadístico 2007. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo. 2002-2006. Colombia.
- Fedepalma. 2008. Anuario estadístico 2008. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo. 2003-2007. Colombia.
- John Deere. 2009. Flash: Alta calidad. http://www.deere.com/es_MX/ag/ams/itecpro.html. revisado 11/04/2009.
- Limas L.; Ángel D.; Restrepo L. 2008. Gerencia de producto Línea AMS (Ag Management Solutions) Soluciones de gestión agrícola. Casa Toro S.A. Maquinaria agrícola John Deere. Bogotá, D.C.



Director: José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
 Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma
 Coordinación editorial: Patricia Bozzi Angel
 Diseño y diagramación: Area 51 Publicidad y Comunicación Ltda.
 Impresión: Javegraf

Esta publicación contó con el apoyo de Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero