

Evaluación de la eficiencia del sistema AMS- AutoTrac de John Deere®

**José Fernando Flores de la Riva
David Alejandro Ayala Erazo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano,
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación de la eficiencia del sistema AMS- AutoTrac de John Deere®

Proyecto Especial de Graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

José Fernando Flores de la Riva
David Alejandro Ayala Erazo

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Evaluación de la eficiencia del sistema AMS-AutoTrac de John Deere®

José Fernando Flores de la Riva
David Alejandro Ayala Erazo

Resumen. Una de las maneras de afrontar la demanda de alimento de la población en constante crecimiento es la introducción de tecnología en la agricultura y John Deere® con el sistema AMS-AutoTrac, brinda soluciones para la implementación de la agricultura de precisión. Zamorano cuenta con el sistema AMS-AutoTrac de John Deere instalado en tres de sus tractores, un John Deere® 6155J y dos John Deere® 6125M. El objetivo fue comparar el tiempo neto, tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) en varias labores de mecanización, con y sin el uso del AMS-AutoTrac. Se evaluó con una asperjadora Jacto® Columbia Cross AM-14, una rastra pesada Civemasa® GICCR, una rastra liviana Baldan® NVA P4 y una sembradora John Deere® MaxEmerge Plus. Se usó un diseño estadístico de bloques completos al azar, para la asperjadora, rastra pesada y sembradora y para la rastra liviana un diseño completamente al azar. El área de las repeticiones y de los bloques fue dado según el lote. Para la variable tiempo neto, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) favorables para el tratamiento Con AMS, para asperjadora, rastra liviana y sembradora. Para la variable tiempo muerto se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) favorables para el tratamiento Sin AMS, para asperjadora y sembradora. Para la variable CEC se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) favorables para el tratamiento Sin AMS para sembradora. En la comparación entre lote grande y pequeño, con la rastra pesada, se encontró diferencia ($P \leq 0.05$) favorable para el lote grande.

Palabras clave. Agricultura de precisión, capacidad efectiva de campo, maquinaria agrícola.

Abstract: One of the ways to meet the demand for food by the population in constant growth is the introduction of technology in the agricultural field and John Deere® with the AMS-AutoTrac system brings solutions for the implementation of precision agriculture. Zamorano has the John Deere's AMS-AutoTrac system installed on three of its tractors, one John Deere® 6155J and two John Deere® 6125M. The objective was to compare the net time, dead time and field capacity (CEC) in various machining tasks, with and without the use of AMS-AutoTrac system. A Columbia Cross AM-14 Jacto® Sprinkler, a Civemasa® GICCR Heavy plow, a Baldan® NVA P4 Light plow and a John Deere® MaxEmerge plus Seeder were evaluated. A statistical design of complete random blocks, for the sprinkler, heavy plow and seeder, and for the light plow a completely random design. The area of the repetitions and blocks was given according to the mechanized batch. For the variable net time, significant differences ($P \leq 0.05$) were found favorable for the AMS treatment, for sprinkler, light plow and seeder. For the dead variable, significant differences ($P \leq 0.05$) were found favorable for the Without AMS treatment for sprinkler and seeder. For the CEC variable, significant differences ($P \leq 0.05$) were found favorable for the treatment Without AMS for seeder. In comparison between large and small lot, with heavy plow, difference ($P \leq 0.05$) was found favorable for large lot.

Keywords. Agricultural machinery, effective field capacity, precision agriculture.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen.....	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4. CONCLUSIONES.....	17
5. RECOMENDACIONES.....	18
6. LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Generalidades del clima en el valle del Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras, durante los meses de estudio, del año 2017.....	4
2. Características de los tractores e implementos agrícolas utilizados en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	5
3. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la asperjadora, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).....	13
4. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la rastra pesada, lote pequeño (0.5 ha), en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).....	14
5. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la rastra pesada, lote grande (2.3 ha), en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).....	14
6. Comparación de los pases de rastra, lote pequeño (0.5 ha) contra lote grande (2.3 ha) con los tratamientos Sin AMS lote pequeño, Con AMS lote pequeño, Sin AMS lote grande y Con AMS lote grande, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).....	15
7. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la rastra liviana, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).....	15
8. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la sembradora, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).....	16

Figuras

1. Lotes donde se evaluó el sistema AMS-AutoTrac, en azul, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	3
2. Tractores utilizados en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac. A) Tractor agrícola John Deere® modelo 6155J, B) Tractor agrícola John Deere® modelo	

6125	6
3. Implementos agrícolas utilizados en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac. A) Sembradora, B) Asperjadora, C) Rastra pesada, D) Rastra liviana.....	6
4. Equipo de tecnología de precisión Agricultural Management Solutions (AMS) de John Deere®. A) Receptor StarFire 3000, en círculo, B) Sistema Monitor GreenStar 2630	7
5. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la asperjadora, en la finca San Nicols, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	8
6. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la rastra pesada en lote pequeño (0.5 ha), en la finca Campus Central zona Parcelas, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	9
7. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la rastra pesada en lote grande (2.3 ha), en la finca San Nicolás, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano,Honduras.....	10
8. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la rastra liviana, en la finca Monte Redondo, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	10
9. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la sembradora, en la finca San Nicolás, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	11

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura ha evolucionado a través de los años al realizar mejoras que permiten aumentar la productividad, es decir producir más en la misma área cultivada lo cual permite contar con soluciones para afrontar el incremento poblacional constante. La agricultura de precisión promete hacer a la agricultura más eficiente y debiera tener un impacto importante en el serio problema de la seguridad alimentaria (FAO 2015).

La agricultura de precisión es la consecuencia de la irrupción de las tecnologías de la información y comunicación en la agricultura, es decir, la manifestación de la era digital en la producción agraria. Nuevamente los agricultores deben de familiarizarse con las herramientas de la época: teclados, pantallas, selección en opciones de menú, así como conocer las tecnologías que se pone a su disposición para conseguir una producción agraria con la que se debe de alimentar a una población mundial de siete mil millones de personas y en crecimiento, con las restricciones que la seguridad en la sanidad alimentaria, la conservación de los recursos naturales y las leyes de la economía de mercado imponen (Vega y Pérez 2013).

El grupo de programas y aplicaciones que propone John Deere®, basado en las tecnologías satelitales, está diseñado para gestionar, con la mayor rentabilidad posible, las explotaciones agrícolas. Estos programas y aplicaciones se engloban bajo el término Agricultural Managment Solution, AMS, por sus siglas en inglés (López 2006). AMS es un conjunto de productos y servicios, que tienen el fin de maximizar el rendimiento de nuestra producción agrícola. El sistema está compuesto por: receptores, monitores y sistemas de guiado principalmente.

Los sistemas satelitales utilizados por John Deere® garantizan altos estándares de calidad gracias a la precisión de sus equipos. Existen diferentes accesorios que se le pueden adicionar al equipo, según el tipo de trabajo que se desee ejecutar. El equipo posee receptores de señales de geolocalización que brindan diferentes niveles de precisión que trabajan con diferentes señales satelitales. Por ejemplo, el receptor StarFire3000, con una señal satelital SF1, posee una precisión de +/- 23 cm y el receptor StarFire 6000, con una señal SF1 posee una precisión de +/- 15 cm (John Deere 2017 b y c). El rango de operaciones que puede manejar el sistema es bastante amplio debido a la cantidad de opciones que se le pueden integrar.

En la agricultura de precisión, como el mismo término lo dice, se necesita mucha precisión y cuidado, lo cual un operador puede perder, por el mismo error humano. El sistema de guiado automático que provee John Deere®, bajo el nombre AutoTrac corrige este error humano hasta en un 90% (John Deere 2017 a), dependiendo del equipo que la maquinaria

posea y la señal satelital que se esté utilizando. Esto se denota más en prácticas en las que se necesita de suma precisión y donde el operador más puede fallar, por ejemplo, en siembra, preparación del suelo, aspersión, entre otros.

El sistema de guiado automático AutoTrac, es una herramienta de auto guiado, lo que significa que una vez trazado el curso inicial o “pasada 0”, el sistema guía el equipo automáticamente. Este brinda un trabajo de calidad, permite trabajar en cualquier lote independientemente de sus irregularidades, reduce el número de pasadas y el traslape entre las mismas. No solo reduce el error humano, también reduce la fatiga del operador y permite trabajar bajo cualquier condición, donde el operario de la maquinaria podría fallar (John Deere 2017 d).

En Zamorano, la unidad de maquinaria agrícola, cuenta con el sistema de AMS de John Deere®. Se poseen tres receptores StarFire 3000 que reciben una señal satelital SF1, tres monitores modelo GreenStar 2630 y un sistema de guiado con piloto automático universal ATU 200. El sistema fue integrado en tres tractores agrícolas marca John Deere® uno modelo 6155J y dos 6125M.

El objetivo fue:

- Comparar la eficiencia del uso del sistema AMS-AutoTrac en labores de mecanización con cuatro implementos agrícolas, asperjadora, rastra pesada, rastra liviana y sembradora.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El estudio se llevó a cabo en las fincas San Nicolás, Monte Redondo y Campus Central zona de Parcelas, ubicadas en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en el valle del río Yeguaré, a 30 km de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Honduras (Figura 1) en los meses de mayo a agosto, 2017. El sitio se encuentra en un rango de 757 a 787 msnm.

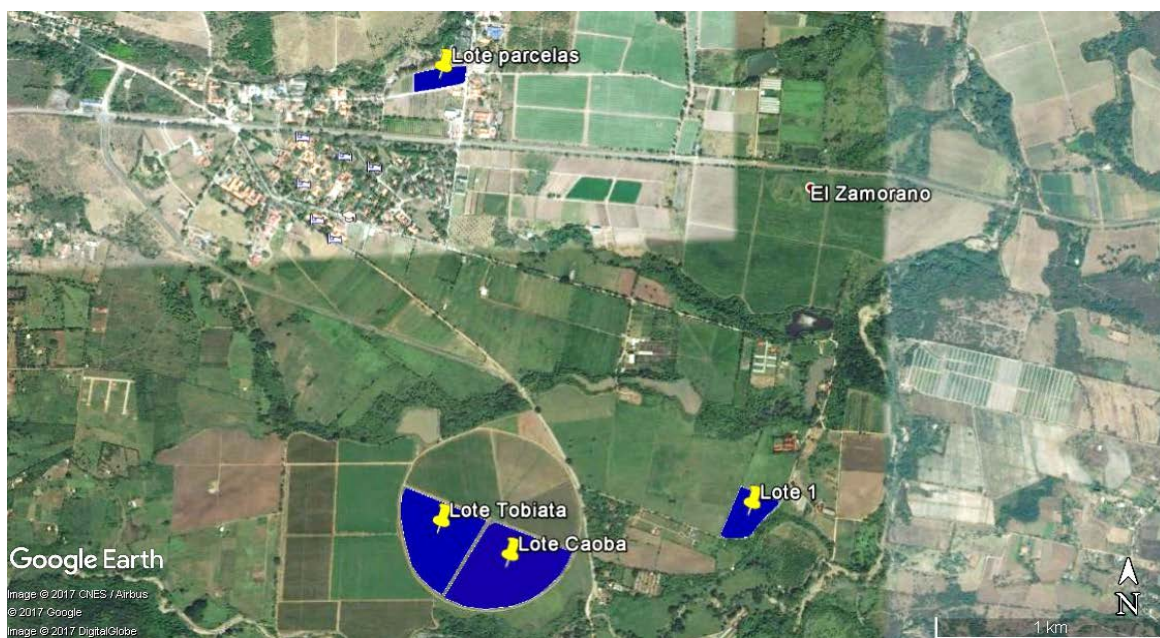


Figura 1. Lotes donde se evaluó el sistema AMS-AutoTrac, en azul, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Suelo

La humedad del suelo se determinó, una vez, mediante el método del tacto (Martín 2010), en cada lote. Las texturas se tomaron del registro de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, 2007 y 2016.

Clima

Las condiciones climáticas promedio y acumuladas se pueden ver en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Generalidades del clima en el valle del Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras, durante los meses de estudio, del año 2017.

Mes	Promedio				Precipitación acumulada (mm)
	Temperatura (C°)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (km/h)	Radiación solar (Watts/m ²)	
Mayo	24.2	78.3	1.9	427.3	179.8
Junio	23.7	83.2	2.5	359.7	437.6
Julio	22.5	83.6	4.9	361.1	147.4
Agosto [¥]	23.2	83.0	4.8	401.7	63.2

[¥]hasta el 28 de agosto.

Fuente: estación climatología Zorralles, Davis.

Recurso humano y equipo

Operadores. Los operadores, Renán Maradiaga, Luis Ayala, Luis Flores e Higinio Elvir pertenecen a la unidad de maquinaria. Los mismos cuentan con experiencia y han sido capacitados para el uso del sistema AMS-AutoTrac. Se asignó un solo operador para cada evaluación, por lo que solo un operador aplicó los dos tratamientos, Con AMS y Sin AMS, para los mismos.

Equipo. Se utilizaron:

- Dos tractores agrícolas (Cuadro 2 y Figura 2).
- Cuatro implementos agrícolas, dos rastras, una liviana y una pesada, para preparación de suelo; una asperjadora para aplicación de herbicidas y una sembradora para siembra de semillas de maíz y sorgo (Cuadro 2 y Figura 3).
- Equipo de tecnología de precisión Agricultural Management Solutions (AMS) de John Deere®, monitor GreenStar 2630, receptor StarFire 3000 (Figura 4) y un piloto automático universal ATU 200 integrado al tractor 6155J.

Cuadro 2. Características de los tractores e implementos agrícolas utilizados en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Equipo	Marca	Modelo	Descripción
Tractor agrícola	John Deere®	6155J	Cuenta con una potencia de 155 hp al motor. En asperjadora se usó con gama B en marcha 3 a 1700 RPM.
Tractor agrícola	John Deere®	6125M	Cuenta con una potencia de 125 hp al motor. En rastra pesada se usó dos veces: la primera con gama C, en marcha 1 a 2000 RPM y la segunda con gama B, en marcha 4 a 2250 RPM. En rastra liviana se usó con gama C, en marcha 1 a 1700 RPM.
Asperjadora	Jacto®	Columbia Cross AM-14	Cuenta con un ancho de 14.0 m. Se trabajó a 6.0 km/h.
Rastra pesada	Civemasa®	GICCR	Cuenta con un ancho de 3.0 m. Se trabajó a 4.3 km/h en el lote pequeño (0.5 ha) y a 8.0 km/h en lote grande (2.3).
Rastra liviana	Baldan®	NVA P4	Cuenta con un ancho de 4.0 m. Se trabajó a 4.5 km/h.
Sembradora	John Deere®	MaxEmerge Plus	Cuenta con un ancho de 3.2 m. Se trabajó a 7.0 km/h.



Figura 2. Tractores utilizados en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac. A) Tractor agrícola John Deere® modelo 6155J, B) Tractor agrícola John Deere® modelo 6125M.



Figura 3. Implementos agrícolas utilizados en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac. A) Sembradora, B) Asperjadora, C) Rastra pesada, D) Rastra liviana.



Figura 4. Equipo de tecnología de precisión Agricultural Management Solutions (AMS) de John Deere®. A) Receptor StarFire 3000, en círculo, B) Sistema Monitor GreenStar 2630.

Equipo complementario. Cronómetro, estacas, banderines, cinta métrica y receptor GPS marca Garmin.

Preparación de los tractores. Antes de cada una de las operaciones se hizo el mantenimiento diario de los tractores. Se revisó el nivel de agua del motor, aceite del motor, aceite hidráulico, se limpiaron las válvulas de control selectivo, se tomó el tiempo del horómetro, se limpió la trampa de agua, se limpió el filtro de aire y se verificó la presión de aire y, cantidad de agua de las llantas.

Preparación del implemento. Antes del uso de cada implemento se colocó grasa en cada punto de engrase y se verificó que la presión de las llantas fuera la adecuada.

En la asperjadora se probó que el aguilón no tuviera ningún problema al abrirse o cerrarse; se comprobó que cada una de las boquillas estuviera funcionando adecuadamente; se revisó que el sistema hidráulico no tuviera fugas y que cada uno de los pistones funcionara adecuadamente; se verificó que no hubiera fugas del sistema de aspersión y se colocó el producto a aplicar junto con el agua. Por último, se acopló al tiro, toma de fuerza del tractor y se movilizó al área de trabajo.

Para la rastra liviana y rastra pesada se revisó que los discos estuvieran en buen estado y funcionales; se comprobó que el sistema hidráulico no tuviera fugas y que cada uno de los pistones funcionara adecuadamente. Por último, se acopló al tiro y se conectaron las válvulas de control selectivo al tractor y se dirigió al área de trabajo.

Para la sembradora se revisó que las ruedas motrices estuvieran con la presión correcta; que no existiera ninguna fuga en el sistema hidráulico; posteriormente se la acopló al tractor; se conectó la bomba de vacío al toma de fuerza y se la llevó a campo. En campo se calibró el implemento para el número de semillas requeridas por metro lineal.

Preparación del sistema AMS-AutoTrac. Se verificó la posición correcta de la antena receptora, la cual debe de encontrarse nivelada con el tractor; se revisó el estado de la señal recibida y se verificaron actualizaciones del software. Luego se procedió a ingresar el lote o recurso donde se trabajó, que consta de granja, campo, tarea, campaña y operador. Una vez verificado lo anterior se procedió al ingreso del implemento. Para esto se deben de ingresar las compensaciones del implemento que son:

- a) Distancia del punto de conexión del implemento a la parte delantera del implemento.
- b) Distancia de la parte delantera del implemento a la parte trasera.
- c) Distancia del punto de conexión al centro del implemento.

Luego de ingresar las compensaciones se ingresó el ancho de cada implemento, esto para indicarle al programa cuanto espacio dejar entre pasada, en referencia a lo requerido, teniendo en cuenta el implemento que se usó.

Para empezar la labor se definió la pasada cero, que es la línea de referencia sobre la cual se basará el resto de pasadas, para orientar el equipo sobre la dirección de trabajo. Esta está definida por el punto de inicio A y un punto final B.

Evaluación de la asperjadora. Se trabajó en la finca San Nicolás, lote Tobiatá que cuenta con un área de 10.6 ha. La división de las unidades de observación (sublotes) se hizo conforme al ancho del implemento (14.0 m) para contar con el mismo número de pasadas, siete en cada una (Figura 5).

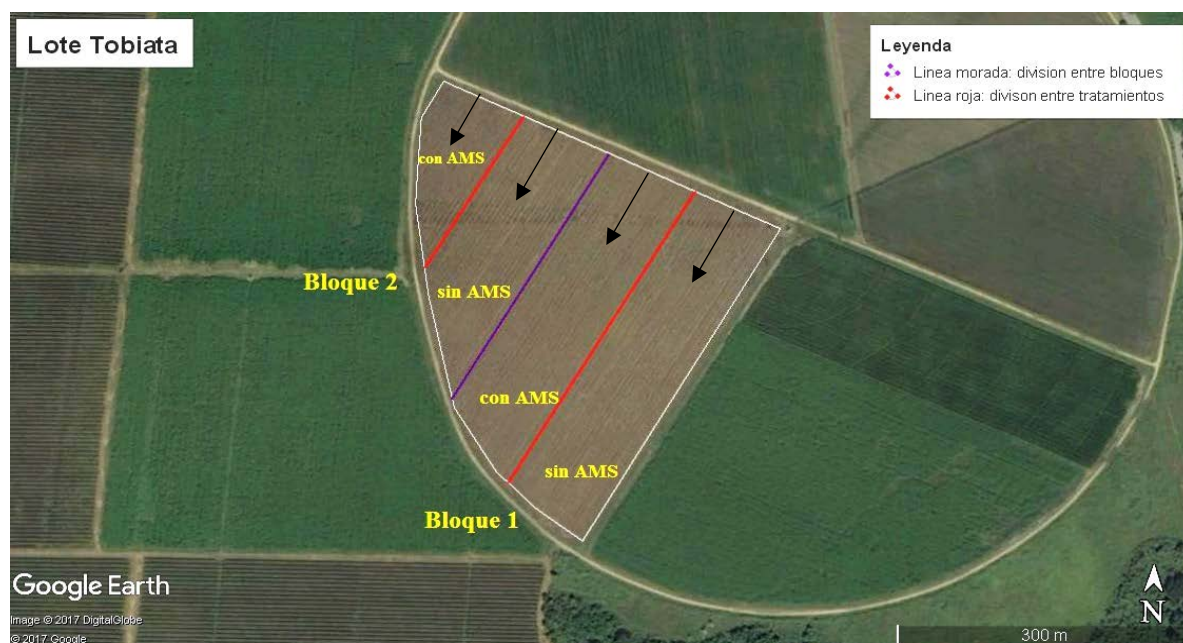


Figura 5. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la asperjadora, en la finca San Nicolás, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Evaluación del pase de rastra pesada, lote pequeño. Se trabajó en la finca Campus Central, lote Parcelas que cuenta con un área de 2.0 ha. La división de las unidades de observación (sublotes) se hizo conforme al área del lote, para contar con la misma área de cada bloque (1.0 ha) y en cada tratamiento (0.5 ha) (Figura 6).

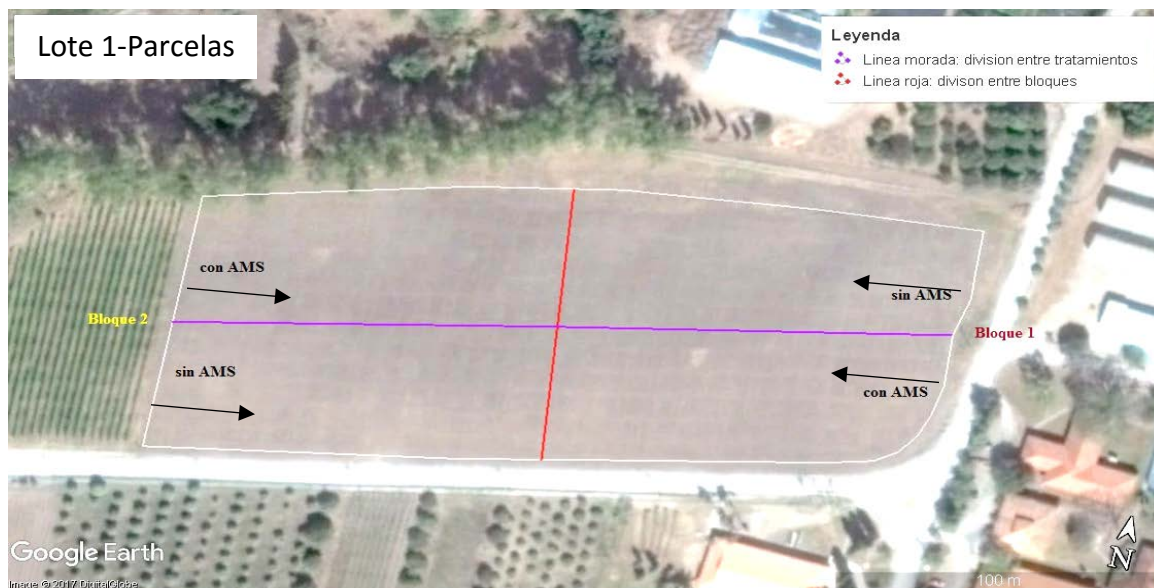


Figura 6. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-Autotracc con la rastra pesada en lote pequeño (0.5 ha), en la finca Campus Central zona Parcelas, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Evaluación del pase de rastra pesada, lote grande. Se trabajó en la finca San Nicolás, lote Caoba que cuenta con un área de 13.7 ha. La división de las unidades de observación (sublotes) se hizo conforme al área del lote, para contar con la misma área de cada bloque (4.6 ha) y en cada tratamiento (2.3 ha) (Figura 7).



Figura 7. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la rastra pesada en lote grande (2.3 ha), en la finca San Nicolás, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Evaluación de la rastra liviana. Se trabajó en la finca Monte Redondo, lote 1 que cuenta con un área de 3.4 ha. La división de los sublotes, para cada tratamiento, se hizo conforme al área del lote para contar con la misma área (1.1 ha) en cada tratamiento (Figura 8).



Figura 8. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la rastra liviana, en la finca Monte Redondo, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Evaluación de la sembradora. Se trabajó en la finca San Nicolás, lote Caoba que cuenta con un área de 13.7 ha. La división de las unidades de observación (sublotes) se hizo conforme al ancho del implemento (3.2 m) para contar con el mismo número de pasadas, veinte en cada una (Figura 9).

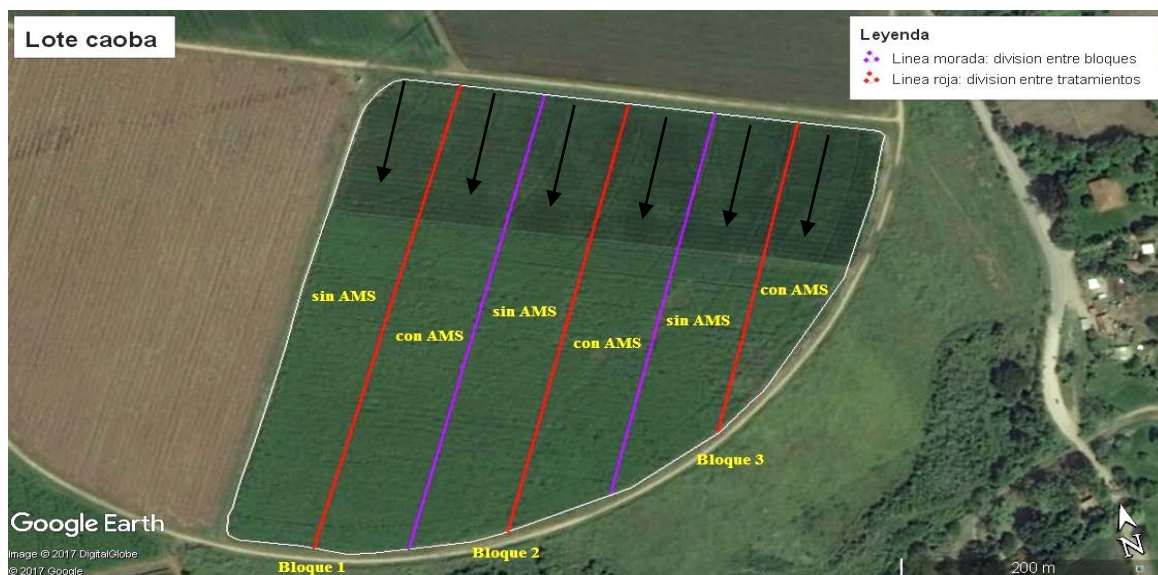


Figura 9. Distribución de los bloques, tratamientos y dirección de avance en la evaluación del sistema AMS-AutoTrac con la sembradora, en la finca San Nicolás, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Variables medidas.

- Tiempo neto. Es el tiempo requerido para llevar a cabo la labor no tomando en cuenta tiempos muertos. Se utilizó un cronómetro, iniciando la toma del tiempo al comienzo de la actividad, deteniendo en cada tiempo muerto.
- Tiempo muerto. Está compuesto de tiempo de preparación de la máquina, tiempo de transporte, tiempo de preparación para el trabajo, tiempo para revisiones y calibraciones y tiempo en vacío (Álvarez Cardona 2004). Para fines del estudio, tiempo muerto es el tiempo que la máquina, durante su trabajo normal, gasta en vueltas y recorridos por sitios donde no labora, pero que es necesario tomarlos en cuenta para ejecutar la misma. Se usó un cronómetro para la toma del mismo.
- Capacidad efectiva de campo (CEC). Es el rendimiento en horas por hectárea (h/ha), al cual realmente se avanzó tomando en cuenta los factores de pérdida de tiempo. Se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$CEC = TN + TM \quad [1]$$

Donde:

CEC= Capacidad efectiva de campo (h/ha)

TN= Tiempo neto (h/ha)

TM= Tiempo muerto (h/ha)

Descripción de los tratamientos. Se usaron dos tratamientos para cada implemento. El primero fue con el uso de la tecnología AMS-AutoTrac, lo que significa que se usó el monitor GreenStar 2630, el receptor StarFire 3000, que recibió una señal SF1 y el piloto automático universal ATU 200 para determinar los pases del implemento. El segundo tratamiento que es sin el uso de la tecnología AMS-AutoTrac, consistió en el pase de los implementos de manera convencional, lo que significa que el operario del tractor decidió por donde sería más conveniente pasar el implemento.

Debido a las irregularidades de los terrenos en cada repetición evaluada, se estandarizó el terreno a 1 ha. Para la rastra pesada y la rastra liviana los sublotos se dividieron en amelgas, una amelga es una faja de terreno rectangular que el operador señala para esparcir la simiente con igualdad y proporción (Real Academia Español 2014). Cada amelga fue tomada como una repetición y para el implemento de aspersión y sembradora se tomó cada pasada como una repetición.

Se hizo una comparación de los pases de rastra pesada, lote pequeño contra lote grande. Con el fin de evaluar si el tamaño de lote influencia la efectividad del sistema, se evaluó el mismo implemento, con el mismo tractor, en dos lotes, uno grande y otro pequeño. Se consideró lote pequeño al lote Parcelas por contar con 0.5 ha y grande el lote Caoba por contar con 2.3 ha. Para la comparación se hicieron cuatro tratamientos, Con AMS lote pequeño, Sin AMS lote pequeño, Con AMS lote grande y Sin AMS lote grande.

Diseño experimental. Para la evaluación de la asperjadora, la rastra pesada y la sembradora se usó un diseño de bloques completos al azar (BCA). Se usó un distinto número de bloques para la evaluación de cada implemento, el número de bloques se hizo de acuerdo al área de cada lote. Se hicieron bloques debido a las irregularidades del terreno.

En la evaluación de la rastra liviana y evaluación de rastra pesada entre lotes, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). En la rastra liviana se dividió en tres sublotos del mismo tamaño, donde se distribuyeron, dos para el tratamiento con el uso de la tecnología AMS-AutoTrac y uno sin el uso de la tecnología AMS-AutoTrac. Dentro de cada uno de estos sublotos se hicieron repeticiones del mismo tratamiento. Para la evaluación de rastra pesada entre lotes cada tratamiento tuvo seis repeticiones, asignados según el tamaño del lote y si era Con AMS o Sin AMS.

Modelo estadístico. Se usó una prueba de Duncan para separación de medias con un nivel de significancia de 95% y se utilizó un análisis estadístico comparativo para la explicación de resultados, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS 9.4®).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Asperjadora. Se encontró diferencia significativa en Tiempo neto y Tiempo muerto. En la variable Tiempo neto, la diferencia es favorable para el tratamiento Con AMS, dado que usar este tratamiento reduce en un 9% el tiempo que se necesitaría para el uso de manera convencional (Sin AMS) (Cuadro 3), esto atribuido a un manejo constante y regular, guiado por satélites, el cual reduce solapes o giros innecesarios en el pase y reduce estrés y cansancio del operario. En la variable Tiempo muerto, la diferencia es desfavorable para el tratamiento Con AMS, dado que tuvo un incremento del 33% del tiempo que se necesitaría para realizar la labor de manera convencional (Sin AMS), estos resultados difieren de Fernández (2016), quien señala una ventaja significativa del sistema AMS sobre la manera convencional de trabajo, esto debido a que el terreno asperjado ya había sido sembrado en surcos y durante la aspersión se iban modificando las líneas marcadas con el AMS, con el fin de no pasar sobre las líneas de siembra. Las modificaciones se realizaron según el arreglo de siembra; el no usar el mismo equipo (tractor, ancho de trocha) y mala calibración del equipo al sembrar y asperjar. Estos cambios que se daban en cada pasada aumentaban los tiempos muertos.

Cuadro 3. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) (h/ha) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la asperjadora, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Tiempo neto	Tiempo muerto	CEC ^{n.s.}
Sin AMS	0.11 a	0.02 b ^y	0.13
Con AMS	0.10 b ^y	0.03 a	0.13

a-b^y medias en la misma columna con distinta letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

n.s.= No hay diferencias significativas ($P > 0.05$)

Rastra pesada lote pequeño. No se encontró diferencia significativa en ninguna de las tres variables evaluadas (Cuadro 4). Una de las razones que no se hallara diferencia es que se trabajó en un área pequeña (lotes de 0.5 ha). Lo anterior debido a que no se pueden realizar actividades a mayor velocidad en trayectos más largos y reducir el número de pasadas en mayores anchos de terreno, por lo que, el Sistema AMS-AutoTrac no pudo expresar su potencial (Fernández 2016).

Cuadro 4. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) (h/ha) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la rastra pesada, lote pequeño (0.5 ha), en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Tiempo neto ^{n.s.}	Tiempo muerto ^{n.s.}	CEC ^{n.s.}
Sin AMS	0.59	0.17	0.77
Con AMS	0.60	0.17	0.78

n.s.= no hay diferencias significativas (P>0.05)

Rastra pesada lote grande. No se encontró diferencia significativa en ninguna de las tres variables (Cuadro 5). El área trabajada (2.3 ha) no influyó en las capacidades motrices del operario ya que este lote aún, se sigue considerando un lote pequeño, por lo que no se puede expresar.

Cuadro 5. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) (h/ha) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la rastra pesada, lote grande (2.3 ha), en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Tiempo neto ^{n.s.}	Tiempo muerto ^{n.s.}	CEC ^{n.s.}
Sin AMS	0.40	0.05	0.46
Con AMS	0.40	0.05	0.46

n.s.= no hay diferencias significativas (P>0.05)

Rastra pesada lote pequeño contra lote grande. Existe diferencia significativa en cada una de las variables, entre los tratamientos Sin/Con AMS Pequeño y Sin/Con AMS Grande. En el Tiempo neto, Tiempo muerto y CEC de los tratamientos Sin AMS Grande y Con AMS Grande se aprecia un uso más eficiente del tiempo 33%, 71% y 40% respectivamente, en comparación a los lotes pequeños (Cuadro 6). Esto se debe a la facilidad de trabajo al laborar áreas relativamente grandes. En el caso del lote Grande, la rastra pesada avanzó a 8.0 km/h en promedio, difiriendo del lote Pequeño, en el cual avanzó a 4.3 km/h; a todo esto, se le suma la cantidad de vueltas que realiza en áreas relativamente pequeñas, las cuales generan tiempos muertos mayores, 22% en comparación con áreas relativamente grandes, 11%. Esto es respaldado por Fernández (2016), quien argumenta que en los lotes pequeños hay una reducción de eficiencia del uso del tiempo.

Cuadro 6. Comparación de los pases de rastra, lote pequeño (0.5 ha) contra lote grande (2.3 ha) con los tratamientos Sin AMS lote pequeño, Con AMS lote pequeño, Sin AMS lote grande y Con AMS lote grande, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (h/ha).

Tratamiento	Tiempo neto	Tiempo muerto	CEC
Sin AMS Lote Pequeño	0.59 a	0.17 a	0.77 a
Con AMS Lote Pequeño	0.60 a	0.17 a	0.78 a
Sin AMS Lote Grande	0.40 b ^y	0.05 b ^y	0.46 b ^y
Con AMS Lote Grande	0.40 b ^y	0.05 b ^y	0.46 b ^y

a-b^y medias en la misma columna con distinta letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Rastra liviana. Se encontró diferencia significativa en la variable Tiempo neto. El tratamiento Con AMS es más eficiente respecto al tiempo durante el pase de rastra lo que se traduce en una reducción del 18% del tiempo necesario que se emplearía de forma convencional (Sin AMS) (Cuadro 7). Esto se puede atribuir a un manejo constante y regular, guiado por satélites, el cual reduce solapes o giros innecesarios en el pase y reduce estrés y cansancio del operario.

Cuadro 7. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) (h/ha) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la rastra liviana, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Tiempo neto	Tiempo muerto ^{n.s.}	CEC ^{n.s.}
Sin AMS	0.33 a	0.10	0.43
Con AMS	0.27 b ^y	0.13	0.41

a-b^y medias en la misma columna con distinta letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

n.s.= No hay diferencias significativas ($P > 0.05$)

Sembradora. Se encontró diferencia significativa en las tres variables. Para Tiempo neto, el tratamiento Con AMS genera una reducción del 6% del tiempo que se necesitaría para realizar la labor de forma convencional (Sin AMS) (Cuadro 8), esto atribuido a un manejo constante y regular, guiado por satélites, el cual reduce solapes o giros innecesarios en el pase y reduce estrés y cansancio del operario. Para Tiempo muerto, el usar el sistema AMS genera un aumento del 24% del tiempo requerido para laborar de manera convencional; este aumento de tiempo está relacionado con la calidad del trabajo ya que, de manera convencional, cuando el operador ubica el implemento en la siguiente pasada, lo hace usando el brazo marcador y la vista para calcular que el implemento esté ubicado en el sitio adecuado. Con el uso del sistema AMS, cuando se sitúa el implemento en la siguiente pasada, lo hace usando el monitor GreenStar 2630 y el receptor StarFire 3000, el cual le indica que el tractor y el implemento están situados justo en el siguiente pase, este proceso le amerita un uso más prolongado del tiempo. Para CEC, el usar el sistema AMS significa

un aumento del 7% del tiempo requerido para laborar de manera convencional, esto señala que el mejor tratamiento para la sembradora es Sin AMS.

Cuadro 8. Evaluación del Tiempo neto, Tiempo muerto y capacidad efectiva de campo (CEC) (h/ha) utilizando el sistema AMS-AutoTrac de John Deere con la sembradora, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Tiempo neto	Tiempo muerto	CEC
Sin AMS	0.46 a	0.22 b ^y	0.67 b ^y
Con AMS	0.43 b ^y	0.29 a	0.72 a

a-b^y medias en la misma columna con distinta letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- Usar el sistema AMS-AutoTrac de John Deere® redujo el tiempo neto de la mecanización con la asperjadora, rastra liviana y sembradora en un 9%, 18% y 6% respectivamente.
- Usar el sistema AMS-AutoTrac de John Deere® aumentó el tiempo muerto de la mecanización con la asperjadora y la sembradora en un 33% y 24% respectivamente.
- Usar el sistema AMS-AutoTrac de John Deere® aumentó el tiempo de la capacidad efectiva de campo en la mecanización de la sembradora en un 7%.
- Laborar con rastra pesada, en lotes con áreas grandes genera una mayor eficiencia de trabajo en comparación con lotes pequeños.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el sistema AMS-AutoTrac de John Deere® con otros implementos que posee la unidad de maquinaria de Zamorano.
- Realizar un análisis de costo para evaluar si el uso del sistema AMS-AutoTrac puede reducir costos.
- Proporcionar mayor capacitación para los operarios en el uso del sistema AMS-AutoTrac de John Deere® y evaluar su aprendizaje.
- Hacer un mapeo de los lotes de Zamorano con el sistema AMS de John Deere®.
- Implementar los demás dispositivos que ofrece John Deere® para el sistema AMS.
- Medir la calidad de trabajo con los dos tratamientos, Sin AMS y Con AMS, mencionados en este estudio.
- Realizar el mismo estudio en lotes de mayor área que permitan observar diferencias.
- Evaluar si el uso de una señal pagada como la SF2 o RTK afectan la eficiencia del sistema AMS-AutoTrac de John Deere®.

6. LITERATURA CITADA

- Álvarez Cardona A. 2004. Administración de maquinaria agrícola. Primera edición. Bogotá (Colombia): UNIBIBLOS; [consultado 2017 may 15]. http://www.bdigital.unal.edu.co/10265/7/8230748.2004_1.pdf
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2015. Seguridad alimentaria. [internet]. [consultado 2017 jun 10]. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>.
- Fernández Montero O. 2016. Evaluación e implementación del sistema AMS Auto Trac John Deere® [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 37 p.
- John Deere. 2017 a. AMS, Agricultura de Precisión. [consultado 2017 jun 13]. https://www.deere.com/es_LA/products/equipment/agricultural_management_solutions/agricultural_management_solutions.page
- John Deere. 2017 b. Receptor StarFire™ 3000 Receptores y monitores. [consultado 2017 may 2]. https://www.deere.com/es_LA/products/equipment/agricultural_management_solutions/displays_and_receivers/starfire_3000_receiver/starfire_3000_receiver.page
- John Deere. 2017 c. Receptor StarFire™ 6000 Receptores y monitores. [consultado 2017 jun 2]. https://www.deere.com/es_LA/products/equipment/agricultural_management_solutions/displays_and_receivers/starfire_6000_receiver/starfire_6000_receiver.page?
- John Deere. 2017 d. Piloto Automatico – AutoTrac integrado. [consultado 2017 jun 5]. https://www.deere.com/es_LA/products/equipment/agricultural_management_solutions/guidance/autotrak/autotrak.page
- López R. 2006. La Caravana de Tecnología [internet]. AgroTecnia. [consultado 2017 jun 1]. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agrotec/Agrotec_2006_5_53_57.pdf
- Martín E. 2010. Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo? [consultado 2017 ago 10]. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1220s.pdf>
- Real Academia Española. 2014. [internet]. [consultado 2017 sep 10]. <http://dle.rae.es/?id=2J53HUO>

Vega Agüera J, Pérez Ruiz M. 2013. Agricultura de precision: hacia la integracion de datos especiales en la produccion agraria. [internet]. [consultado 2017 jun 30]. <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/AP.htm>