

REFERENCIAS

Amézquita, E. 1992. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Manejo Integral de Suelos para una Agricultura Sostenida (Memorias). Agosto de 1992.

Hernández, L E, 2018. Evaluación del Efecto de tres niveles de fertilización en pasto Panicum maximun cv. Mombasa. Zamorano, Honduras.

Plan Estratégico de la cadena Ganadera de Casanare, PEGA. 2015-2032. Secretaría e Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobernación de Casanare. Yopal, Casanare, diciembre, 2015.

Censo Pecuario 2019. Recuperado en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAG. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. 2015.

Alvarez Villada, Diana Milena; Estrada Iza, Marcela; Cock, James H. 2010. RASTA Rapid Soil and Terrain Assessment: Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Corporación Biotec, Cali, CO. 62 p.

Gómez, J. y Rueda, R. (2011). Productividad del sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009 (Tesis de pregrado). Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario, Bogotá.

Flórez, D.F. (2017). Estimación de la capacidad de carga del sistema de producción lechero de la vereda Fontibón del municipio de Pamplona. Universidad de Pamplona. 2016.

Dixon Fabián Flórez Delgado Magister en Sistemas Sostenibles de Producción Universidad de Pamplona dixon.florez@unipamplona.edu.co Pamplona – Colombia.

Holechek, J., Pieper, R., Herbel, C. (2011). Range Management, Principles and Practices. 6th edition. New Jersey: Prentice Hall.

FEDEGAN, Contexto ganadero Planeación forrajera, herramienta esencial para la nutrición bovina. Recuperado de: <https://www.contextoganadero.com/reportaje/planeacion-forrajera-herramienta-esencial-para-la-nutricion-bovina>.

Sánchez, Leonardo y Villaneda, Edgar. Renovación y Manejo de Praderas en Sistemas de Producción de leche Especializada. Corpoica. 2009.

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN PARA CULTIVO SOSTENIBLE DE PLÁTANO HARTÓN (*Musa paradisiaca*) EN CASANARE.

Design of a precision agriculture prototype for sustainable plantation of hartón plantain (Musa paradisiaca) in Casanare.

Edwin Alonso-Quintero¹ Edwin Alexis Pineda-Muñoz², Fredy Aldemar Uscategui-Abril³, Héctor Alirio Pérez-Salamanca³,

Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro Agroindustrial y Fortalecimiento Empresarial de Casanare, Colombia.
Grupo de investigación Mussa-Cafec

edwin.alonso@yahoo.com1

| RESUMEN

En Colombia se han desarrollado cartillas informativas con el paquete tecnológico agrícola, pero sin cifras o estudios que refuercen los beneficios de su implementación, lo cual mantiene el escepticismo entre los pequeños productores. A su vez las investigaciones de utilización de agricultura de precisión para ahorrar y controlar el suministro de agua las han enfocado en otros cultivos diferentes al plátano, y no se encontró ningún estudio que combinara la utilización del paquete tecnológico agrícola y la agricultura de precisión. En el presente estudio se realizó la siembra en un terreno plano parcelado en 9 secciones; 3 automatizadas utilizando un modelo de agricultura de precisión con instrumentos de control y medición, 3 utilizando la técnica de sembrado tradicional y 3 parcelas sembradas y dejadas al natural, con lo cual se consiguió identificar los beneficios de utilizar agricultura de precisión y el paquete tecnológico agrícola en los cultivos de plátano hartón; se obtuvo un aumento en el crecimiento de las plantas y mediante la utilización de agricultura de precisión se logró un ahorro de agua en las parcelas automatizadas versus las parcelas de cultivo tradicional.

Palabras Clave:

Automatización Industrial, Agricultura de precisión, Riego, Paquete tecnológico agrícola, productividad, Plátano.

| ABSTRACT

In Colombia, they have developed information leaflets with agricultural technology package, but no figures or studies that reinforce the benefits of its implementation, which remains skepticism among small producers. In turn the research use of precision agriculture to save and control the water supply have focused on crops other than bananas, and no study that combined the use of agricultural technology package and precision agriculture found. The present study was performed planting on flat land parceled into 9 sections; 3 automated using a model of precision farming with control instruments and measurement, 3 using the technique of traditional seeding and 3 seeded and left the natural plots, which was achieved Identify the benefits of using precision farming and agricultural technology package in crops hartón; an increase in plant growth was obtained and using precision farming it was possible to save water in automated plots versus traditional culture plots.

Key words:

Industrial Automation, Precision Agriculture, Irrigation, Agricultural Technology package, productivity , Plantain.

INTRODUCCIÓN

Para Colombia el plátano es un producto importante dentro de la balanza comercial debido a que se exportan 2'957.360 toneladas al año teniendo una participación del 8,19% de la producción mundial, convirtiéndolo en el primer país en Latino América y quinto en el mundo, sin embargo, el crecimiento en el cultivo ha sido tan solo del 2,29% según indicadores entregados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en junio de 2014, en el cual se muestra una continua falta de interés de los productores en este cultivo, situación que también se vio reflejada en el estudio realizado por Alfonso Martínez para Corpoica en 1997. Se conoce la utilización de paquetes tecnológicos agrícolas en los grandes productores y muy baja penetración de estas mejores prácticas agrícolas en los medianos y pequeños productores, debido a que mantienen su forma de cultivo tradicional.

Por otro lado, se tienen avances en agricultura de precisión usada en otros cultivos como vid, olivos y arándanos para optimizar recursos, como el hídrico, y la implementación del paquete tecnológico agrícola cuyo objetivo es ayudar a mejorar el rendimiento, la calidad del producto y evitar que el cultivo este expuesto a enfermedades según manuales desarrollados por Alfonso Martínez en 1997 y 1998, sin embargo, no hay estudios que muestren estas bondades en las producciones de medianos y pequeños productores. Por lo tanto, lo que busca este artículo es dar a conocer las bondades de la utilización del paquete tecnológico que ayuda en el mejoramiento de la producción del plátano hartón.

Hay esfuerzos por aportar al mejoramiento de la producción al reportar en documentos la utilización de la automatización industrial para el

control de factores como el riego, fertirriego y la humedad además de contribuir positivamente en el crecimiento de cultivos, adicional a la publicación de cartillas con paquetes tecnológicos agrícolas por Corpoica, con el fin de aportar al crecimiento y desarrollo del cultivo y la sanidad para la obtención de un mejor producto. Sin embargo, existen agricultores, exceptuando los grandes productores, que desconocen los beneficios de su utilización y continúan usando el método tradicional de cultivo, ya sea por razones culturales o los costos de producción que se han visto incrementados, y en algunos casos dejan el crecimiento al desarrollo natural que ofrece el terreno en donde siembran. En Colombia, hay pocos documentos comparativos, que muestren los beneficios de la utilización de estas herramientas, es por esto que el presente artículo ayuda a identificar los beneficios de utilizar agricultura de precisión y el paquete tecnológico agrícola en los cultivos de plátano hartón.

Metodología y Materiales Terreno

El terreno está ubicado dentro de las instalaciones del Centro Agroindustrial y Fortalecimiento Empresarial de Casanare (CAFEC) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), cuenta con aproximadamente 1/5 de hectárea (2025m²), en una parcela de 45m por 45m, el cual tiene las siguientes características: Ubicado a una altura de 350 metros sobre el nivel del mar, con unas condiciones climatológicas que se muestran en la Tabla 1 tomadas de información histórica de Bart IDEAM por estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de El Yopal, el cual se encuentra dentro de un radio de 1 Km del lote que se realizó el sembrado.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP-TIMBRE	OCTU-	NOVIE	DICIE	MAYE
MEDIOS													
PRECIPITACIÓN (mm)	8.5	60.4	79.3	279	333.7	298	312.3	255.4	275.9	255	131.8	20.2	
No. DIAS	1	4	7	15	16	17	18	17	15	14	10	4	
T.MAX ABS. (°C)	36.6	36.2	37.2	35.4	35.4	33.2	34.4	34.2	34.4	34	34.6	34	
T.MIN ABS. (°C)	17.2	18.5	20	19	19	19	17.8	18	17	16.4	16.8	17.8	
TM.MAX MED (°C)	32.5	33.2	33.2	31.5	30.8	29.7	29.9	30.5	30.7	30.8	31.1	31.7	
TEMP. (°C)	27.9	27.9	28	26.4	25.4	24.8	24.6	25	25.6	25.9	26.2	26.9	
TM MIN MED (°C)	22.5	22.9	23.7	22.6	22.3	21.7	21.5	21.4	21.5	21.6	21.9	22.1	
BRILLO (h/mes)	220.2	172.6	144.5	116.1	135.2	106.6	107.7	136.9	152.2	161.8	137.7	224.5	
EVAPORACION (mm)	210.2	162.3	158.6	101.5	97.1	99.2	93	105.2	112.8	124.8	133.1	165.7	
NUBOSIDAD (OCTA)	3	4	4	5	6	5	5	5	5	5	4	4	

Tabla 1. Condiciones climatológicas durante el año 2015 – tomadas de información histórica de Bart IDEAM.

Análisis de suelo

Los resultados del análisis de suelos realizado por el laboratorio de suelos agrícolas de la Universidad Pedagógica de Tunja se muestran en la **Tabla 2.**

%			Textura	PH	%
Arena	Limo	Arcillas	franco arenosa	5,3	M.O
61	22	17			1,23
Valores de referencia				5,5	2-4 caliente

Fuente: Análisis de suelos. U.P.T.C. 2015.

Tabla 2. Análisis de suelo

Diagnostico:

Se trata de un suelo que a la profundidad de muestreo presenta limitadas condiciones físicas, por el alto porcentaje de arena (61%) y bajo porcentaje de arcillas (17%); químicamente es un suelo de reacción fuertemente ácido; con bajo contenido de materia orgánica, fósforo, magnesio, cobre, zinc, y boro; medio contenido de azufre; suelo con altos contenidos de aluminio (26,76%) lo que indica la necesidad de aplicar enmiendas calcáreas; como lo recomendó el análisis de suelos.

INTRODUCCIÓN

Para Colombia el plátano es un producto importante dentro de la balanza comercial debido a que se exportan 2'957.360 toneladas al año teniendo una participación del 8,19% de la producción mundial, convirtiéndolo en el primer país en Latinoamérica y quinto en el mundo, sin embargo, el crecimiento en el cultivo ha sido tan solo del 2,29% según indicadores entregados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en junio de 2014, en el cual se muestra una continua falta de interés de los productores en este cultivo, situación que también se vio reflejada en el estudio realizado por Alfonso Martínez para Corpoica en 1997. Se conoce la utilización de paquetes tecnológicos agrícolas en los grandes productores y muy baja penetración de estas mejores prácticas agrícolas en los medianos y pequeños productores, debido a que mantienen su forma de cultivo tradicional.

Por otro lado, se tienen avances en agricultura de precisión usada en otros cultivos como vid, olivos y arándanos para optimizar recursos, como el hídrico, y la implementación del paquete tecnológico agrícola cuyo objetivo es ayudar a mejorar el rendimiento, la calidad del producto y evitar que el cultivo este expuesto a enfermedades según manuales desarrollados por Alfonso Martínez en 1997 y 1998, sin embargo, no hay estudios que muestren estas bondades en las producciones de medianos y pequeños productores. Por lo tanto, lo que busca este artículo es dar a conocer las bondades de la utilización del paquete tecnológico que ayuda en el mejoramiento de la producción del plátano hartón.

Hay esfuerzos por aportar al mejoramiento de la producción al reportar en documentos la utilización de la automatización industrial para el

control de factores como el riego, fertirriego y la humedad además de contribuir positivamente en el crecimiento de cultivos, adicional a la publicación de cartillas con paquetes tecnológicos agrícolas por Corpoica, con el fin de aportar al crecimiento y desarrollo del cultivo y la sanidad para la obtención de un mejor producto. Sin embargo, existen agricultores, exceptuando los grandes productores, que desconocen los beneficios de su utilización y continúan usando el método tradicional de cultivo, ya sea por razones culturales o los costos de producción que se han visto incrementados, y en algunos casos dejan el crecimiento al desarrollo natural que ofrece el terreno en donde siembran. En Colombia, hay pocos documentos comparativos, que muestren los beneficios de la utilización de estas herramientas, es por esto que el presente artículo ayuda a identificar los beneficios de utilizar agricultura de precisión y el paquete tecnológico agrícola en los cultivos de plátano hartón.

Metodología y Materiales Terreno

El terreno está ubicado dentro de las instalaciones del Centro Agroindustrial y Fortalecimiento Empresarial de Casanare (CAFEC) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), cuenta con aproximadamente 1/5 de hectárea (2025m²), en una parcela de 45m por 45m, el cual tiene las siguientes características: Ubicado a una altura de 350 metros sobre el nivel del mar, con unas condiciones climatológicas que se muestran en la Tabla 1 tomadas de información histórica de Bart IDEAM por estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de El Yopal, el cual se encuentra dentro de un radio de 1 Km del lote que se realizó el sembrado.

Mejoramiento Químico

Según U.P.T.C. 2015, Análisis de suelos: 1. Si se trata de una mecanización uniforme incorporar con la labranza primaria 1.5 toneladas de cal dolomita más 400kg de abono paz de río, o 2 si se trata de siembra directa incorporar al suelos extraído del hoyo, 400 gr de cal dolomita más 300 gr de abono paz de río en las paredes y fondo de cada hoyo, aplicar 2 kg de materia orgánica homogenizar cuando la mezcla este fría; para el manejo agronómico y labores culturales para este proyecto se decidió el mejoramiento químico 2.

Selección de los colinos

El tipo de colino a utilizar es hartón, es el mejor para una altura sobre el nivel del mar menor a 800 metros según Gildardo E. Palencia C. en su cartilla de "Manejo sostenible del plátano" publicada en el 2006, Para la ejecución del proyecto en los términos de referencia del suministro se estipulo que esta debería provenir de una finca certificada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y debería cumplir con proceso de selección. Requisitos cumplidos por parte del proveedor verificado a través de la resolución del ICA, presentada por el productor de semilla.

Trazo del cultivo

Para el proyecto se definió parcelar el terreno en 9 parcelas que se distribuyeron aleatoriamente para sembrar las semillas o colinos de la siguiente manera:

- 3 parcelas naturales para sembrado y crecimiento natural sin realizar ningún tipo de mejora en el terreno y sin riego artificial ni fertirriego.
- 3 parcelas tradicionales para sembrado tradicional para ser trabajado según lo hace el agricultor actualmente en el departamento de Casanare, en estas 3 parcelas se tiene en cuenta la "Evaluación sistema de producción de plátano" realizada en mayo de 1997 en el convenio CORPOICA – PRONATTA
- 3 parcelas automatizadas para ser trabajadas por el sistema.
- automatizado de riego y fertirriego con sensores capacitivos de humedad. La organización del diseño experimental se dio por bloques al azar como se muestra en la Figura 2 en la cual se pueden diferenciar los 3 tratamientos (con riego automatizado y aplicación de paquete tecnológico, tradicional y natural) y la respectiva distribución en el lote de forma cuadrada.

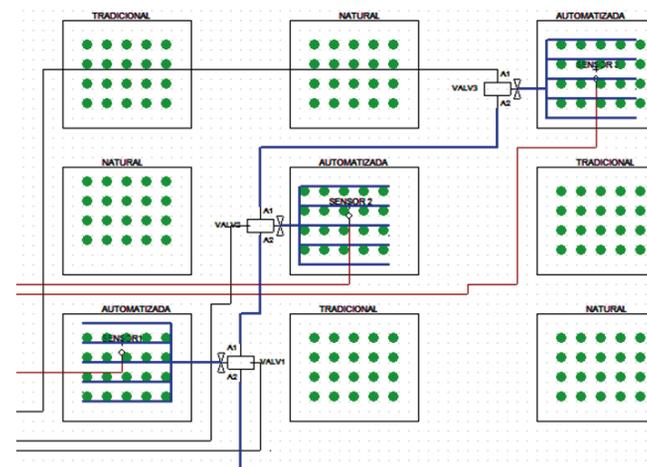


Figura 2. Plano del terreno y distribución de parcelas (Los puntos verdes representan las plantas y los cuadros las parcelas)

La distancia entre plantas escogida para cada parcela fue de 2,5m y cada parcela con 5 plantas por cada lado y 25 en total y el camino o separación entre parcelas fue de 4 m.

La preparación para la siembra se inició según recomendaciones del análisis de suelos, con dimensiones de 40 cm (ancho) x40 cm (largo) x 40cm (profundo) y antes de realizar el sembrado se hizo la preparación según la recomendación del análisis de suelos.

Se realiza la enmienda y la primera fertilización a la hora de la siembra. Una vez sembrado se realizó la desin-

fección de la semilla con una solución de yodo agrícola, (bactericida) con el fin de proteger el colino de enfermedades. Luego se procedió al tapado. Todas las anteriores determinaciones se realizaron siguiendo las recomendaciones del paquete tecnológico publicado por Corpoica. Martínez. G. 1998.

Plan de fertilización

De acuerdo a las recomendaciones realizadas se diseñó el plan de fertilización (Tabla 3) para cada una de las plantas en las parcelas en las cuales se realizará la fertilización, son estas las 3 parcelas automatizadas y las 3 parcelas como las realiza el agricultor.

PLAN DE FERTILIZACIÓN PLATANO					
Producto	Dosis	Siembra	50 Dias (DDS)	100 Dias (DDS)	150 Dias (DDS)
Cal Dolomita	400 grs	100 GRS	100 GRS	200 GRS	
Roca Fosfórica	300grs	100 GRS	100 GRS	100 GRS	
Micorriza	1 GRS/SITIO	1 GRS			
Humus	5KGS/SITIO	5 KG			
Sulcamag	300 GRS /SITIO	100 GRS	100 GRS	100 GRS	
18-18-18	870 GRS/SITIO		220 GRS	300 GRS	350 GRS

Tabla 3. Plan de fertilización recomendado: I. A. Héctor Alirio Pérez-Salamanca

Sistema de riego

El sistema de riego se escogió para cumplir con las necesidades de agua para las tres parcelas automatizadas compuestas por 75 colinos, teniendo en cuenta el artículo “Exigencias hídricas del cultivo de plátano” del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje de La Habana (Cuba) publicado por Martínez, V. R. en 1998 la plantación requiere alrededor de 6083m3/ha para plantaciones realizadas en época de verano lo que implica que para el área de cultivo automatizado se necesita 760 l de agua diarios contando la evaporación promedio del suelo estimada en 166 mm según datos IDEAM para el periodo de verano entre Noviembre y marzo. Para el sistema de riego se apalio una evaluación de los diferentes métodos, presentados por Patricio Méndez en su

Manual de Papa para la Araucanía publicado en noviembre de 2009, como gravitacional y presurizado.

Método gravitacional: no se consideraron recomendables debido a que el terreno es plano y pequeño, por lo cual se podía presentar pérdidas de agua por absorción del terreno cerca a la fuente.

Método presurizado: es más conveniente por ser terreno plano y pequeño, de tal forma que se puede hacer riego localizado. Para ello se evaluó Aspersión, micro-aspersión o micro-nebulizador y goteo, los dos primeros fueron descartados para evitar el aumento en la humedad relativa en torno a los colinos y evitar la aparición de enfermedades fungosas, dejando como

alternativa el sistema de riego por goteo.

Además, se utilizó este método con el fin de cubrir las necesidades requeridas por cada planta, es decir el número de litros de agua diaria que cada planta requiere, cabe decir que Martínez G. en 1998. “las necesidades básicas de agua de una planta de plátano son de 150 mm de precipitación mensual, lo cual significa que para que una planta tenga un buen desarrollo debe haber una precipitación de alrededor de 1800 mm anuales”.

Con el sistema de riego por goteo se utilizó una electrobomba de 1½ HP, tubería de ¾” de distribución hacia las parcelas que se distribuían en mangueras de ¾” alineadas sobre la plantación como se puede observar en la Figura 1, con 3 goteros de 4 l/h con terminal de 4mm dentada, esto con el fin de entregar la cantidad de agua necesaria en 1 hora. Los 3 goteros se instalaron sobre la manguera de ¾” a una distancia de 15 cm entre ellos, de cada gotero sale un micro tubo de 4mm de diámetro que llega hasta las estacas dispuestas en forma triangular alrededor del colino a una distancia de 15 cm como se muestra en la Figura 2.

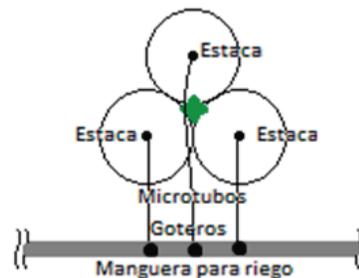


Figura 2. Posición de los goteros (punto negro) alrededor del colino (punto verde)

Sistema de control

El elemento de control utilizado fue un PLC Siemens SIMATIC S7-1200 CPU1212C AC/DC/RLY el cual cuenta con 6 salidas a Relé para manejar 1 electrobomba, 2 electroválvulas de control de salida del riego o fertirriego y 3 electroválvulas colocadas cada una a la entrada de las parcelas automatizadas con el fin de controlar el ingreso de agua a cada una de ellas según fuera la necesidad. La distribución y conexión de las 3 electroválvulas de control de ingreso del agua a las parcelas puede verse en la Figura 1, y de la electrobomba y las electroválvulas de control de salida del agua del riego y fertirriego se pueden ver en la Figura 3.

Adicional al PLC se instaló un Módulo de señal análoga SM1231 AI de entradas análogas que fueron utilizadas para conectar los tensiómetros (sensores de humedad del suelo) Sensor.

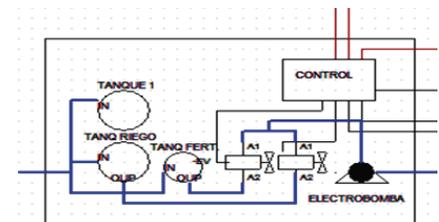


Figura 3. Instalación de Electro bomba y PLC (Control)

WATERMARK 200SS utilizados para medir la humedad del suelo y programar al PLC que encendiera el sistema de riego una vez el suelo estuviera llegando a un nivel de humedad debajo del 10% de capacidad de campo sin dejar llegar a grado de marchitez, estas pruebas se realizaron en laboratorio para determinar los valores. Para obtener los niveles de humedad requeridos por el sistema, dependiendo de la capacidad de campo y llevarlos a la programación del PLC, se realizan

las siguientes pruebas en el cultivo:

Según las especificaciones de los sensores de humedad, para un nivel del 0% tenemos un valor de 27,5K Ω y para un valor del 100% de humedad se tiene 2,5K Ω . Con estos datos se aplican nueve pruebas durante nueve días controlando la dosificación del agua de forma manual.

Se mide directamente los valores de resistencia de los sensores con un multímetro; estos valores son registrados en la Tabla 4, observando que la variación del 0 al 20% ocurre con valores en los sensores entre el 27,5K Ω y 18,8K Ω , valores que se utilizan para la programación del PLC. Gráficamente se ven reflejados estos datos en las Figura 4.

Tabla 4. Datos obtenidos de los sensores en valores de resistencia.

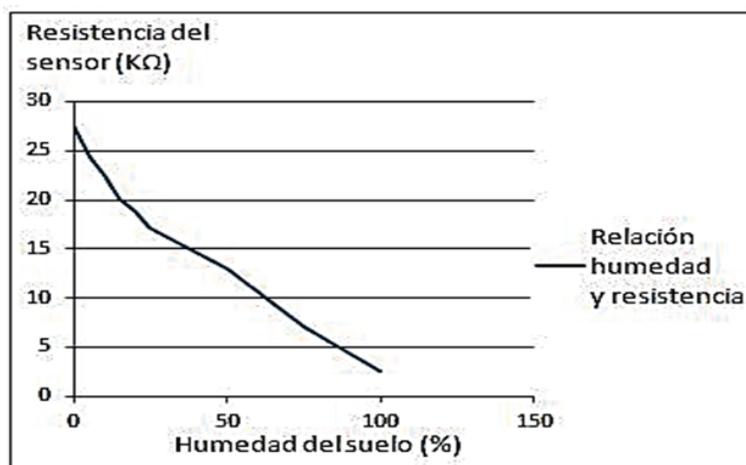


Figura 4. Relación entre la humedad del suelo y la resistencia del sensor.

Actividades

Los trabajos durante el tiempo del cultivo se muestran en la Tabla 5.

Figura 5. Actividades desarrolladas en el cultivo de la parcela demostrativa

Las labores culturales o agronómicas planteadas por los profesionales asesores permitieron el mantenimiento del cultivo reportando pérdidas por ausencia de agua en las parcelas con tratamiento tradicional a saber:
 PARCELA 2 Planta: 5
 PARCELA 6 Plantas: 5, 20, 21, 25
 PARCELA 7 Plantas: 1, 2, 11, 21, 25
 PARCELA 9 (AUTOMATIZADA) Planta: 14 Por

daño mecánico. Diariamente se realizaba riego manual a las parcelas tradicionales durante 2 minutos por planta con una manguera de 3/4" de diámetro desde un tanque elevado. Recolección de datos Para controlar el crecimiento de las plantas una vez germinados los colinos, se procedió a medir quincenalmente

los siguientes datos para las 9 plantas internas de cada parcela con el fin de minimizar los efectos de borde en las mismas, sobre su crecimiento. Los datos recolectados fueron: Número de parcela, perímetro de tallo, altura de

tallo, número de hojas, largo y ancho de cada una de las hojas de la planta. Los parámetros registrados en cada parcela a cada una de las plantas se incluyeron en la Tabla 6, para el posterior tratamiento de los datos y análisis.

ACTIVIDAD	FECHA
Limpieza de parcelas Automatizadas	15/10/2015
Limpieza parcela Tradicional	16/10/2015
Limpieza parcelas Automatizadas, Tradicional	26/11/2015
Deshoje de plantas	01/11/2015
Limpieza parcela Tradicional	03/12/2015
Limpieza parcelas Automatización	28/12/2015
Deshoje de plantas	4/01/2016
Limpieza parcela Tradicional, Automatizada	28/01/2016
Deshoje de plantas	15/02/2016
Deshoje de parcelas Automatizada	23/06/2016
Limpieza parcela Tradicional y Automatizada	12/07/2016
Deshoje y Deshoje	26 y 27/07/2016
Limpieza parcela Automatizada	4/08/2016
Limpieza parcela Automatizada	15/09/2016

Tabla 6. Formato de registro de parámetros valuados en las plantas de los tres tratamientos

FORMATO RECOLECCIÓN INFORMACIÓN CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE PLATANO HARTÓN																				
FECHA:	Nº DE PARCELA:																			
PLANTA:	PERIMETRO TALLO:					ALTURA TALLO:					# HOJAS:									
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
HOJA:																				
LARGO:																				
ANCHO:																				

Análisis de datos

Los datos recolectados en el formato de la Tabla 6 se introdujeron en MS Excel y haciendo el correspondiente análisis estadístico, se observa en la Tabla 7 un comparativo del crecimiento, en la cual las plantas de las parcelas automatizadas tuvieron un mejor

comportamiento durante la etapa de crecimiento relativo al de las otras parcelas. Adicionalmente en la Tabla 7 se puede observar que se contó con un número mayor de hojas sanas y a su vez son de mayor tamaño.

Tabla 7. Promedio de los parámetros de crecimiento registrados.

Tipo de Parcela	Auto 1	Tradi 2	Natura 3	Natura 4	Auto 5	Tradi 6	Tradi 7	Natura 8	Auto 9
Promedio	12,4	10,87	12,61	9,3	11,6	12,39	11,13	8,24	12,8
Promedio	64,8	53,92	62,90	50,78	66,4	61,71	53,68	50,39	63,6
Promedio	35,4	29,97	34,38	27,50	36,1	34,48	30,20	27,45	36,9
Promedio	28,1	24,00	25,33	21,67	45,9	24,26	25,02	18,22	27,9
Promedio	62,3	43,70	58,23	44,70	62,1	48,64	45,98	46,24	63,3

Tabla 8. Promedio de los parámetros recolectados del crecimiento de las plantas

Promedio de peso de racimo	KG		
En parcelas automatizadas	13,69		
En parcelas tradicionales	9,47		
	Automatizada	Tradicional	Natural
Promedio cantidad de hojas funcionales	12,309	11,458	10,063
Promedio largo hojas (cm)	64,994	56,101	54,691
Promedio ancho hojas (cm)	36,164	31,551	29,777
Promedio perimetro tallo (cm)	33,996	24,429	21,741
Promedio Altura tallo (cm)	62,635	46,110	49,728

Tabla 9. Promedio de peso de racimo

Se obtuvo una diferencia de 4,22 kg, en el promedio de peso de racimo con datos tomados durante la etapa de cosecha y que se incluyeron en la Tabla 9.

Promedio de largo de dedos de primera calidad	cm
En parcelas automatizadas	28,55
En parcelas tradicionales	25,92

El promedio de largo de dedo de primera calidad, con diferencia de 2,63cm, según datos contenidos en la Tabla 10. Como parte de los datos recolectados se tiene el promedio de consumo de agua en la parcela tradicional y en la automatizada, esta información se refleja en la Tabla 11.

Tabla 11. Promedio de consumo diaria de agua

Promedio de consumo de agua	Litros de agua/día (Aprox.)
En parcelas tradicionales	4000
En parcelas automatizadas	2900

Contribuciones o aportes

A través de la utilización del paquete tecnológico se obtuvo un aumento en el crecimiento de las plantas y mediante la utilización de agricultura de precisión se logró optimizar el recurso agua y logrando ahorros hasta del 27% del agua en las parcelas automatizadas versus las parcelas de cultivo tradicional.

Hallazgos

Los hallazgos más relevantes se dieron en el dato como número de hojas sanas u hojas con las que llegan las plantas a época de floración; además de las siguientes características relevantes que se muestran en el cuadro comparativo (tabla 12) como: altura del tallo y grosor del tallo.

Tradicional	Automatizada vs Tradicional	Tradicional vs Natural
Promedio. de Hojas funcionales	7,42%	13,86%
Promedio largo hojas	15,85%	2,58%
Promedio ancho hojas	14,62%	5,96%
Promedio. perimetro tallo	39,16%	12,37%
Promedio Altura tallo	35,84%	-7,28%

Tabla 12. Comparativo del promedio de los datos recolectados de las hojas.

Tradicional	Automatizada vs Tradicional	Tradicional vs Natural
Promedio. de Hojas funcionales	7,42%	13,86%
Promedio largo hojas	15,85%	2,58%
Promedio ancho hojas	14,62%	5,96%
Promedio. perimetro tallo	39,16%	12,37%
Promedio Altura tallo	35,84%	-7,28%

Otro hallazgo importante teniendo en cuenta la información suministrada por el IDEAM en la Tabla 1 los niveles de precipitación alto durante la siembra y el periodo de desarrollo contribuyo a un fortalecimiento de las plantas las cuales el promedio de precipitación de 277.33 mm, y una temperatura máxima media de 31.3°c durante el año 2015, las cuales fueron de importancia para el cultivo.

Discusión

A través de este trabajo que se desarrolló en el CAFEC del SENA se muestran los beneficios de la utilización del paquete tecnológico para un mejor crecimiento de las plantas de plátano (Tabla 9.), adicional su obtuvo un beneficio en el ahorro de agua expuesto en las contribuciones y aportes mediante la utilización del sistema de riego automatizado, sin embargo es prudente someter el sistema a una área más extensa para ser evaluado de manera más concienzuda y que puedan dar recomendaciones a los agricultores medianos y pequeños, incluyendo la variable costos.

Durante el desarrollo del proyecto se evaluó el comportamiento del cultivo con la implementación del paquete tecnológico y las labores culturales

adecuadas, por lo que se presentó una incidencia por debajo del 8% de enfermedades fungosas, especialmente (sigatoka negra). Este hecho sumado a la implementación del sistema de riego automatizado deben ser materia de continuidad de estudios para precisar en capacidad de respuesta del prototipo en cultivos extensos, y costo vs beneficio.

Limitaciones y sugerencias

El cultivo careció de barreras naturales y/o artificiales que evitaran los vientos fuertes, los cuales causaron doblamiento y rompimiento de hojas y de una planta en la parcela automatizada, los detalles fueron expuestos en la sección de "Actividades". Se realizó una siembra de árboles que sirvieran de barrera, pero no ayudaron con esta finalidad, dada la fenología o desarrollo de ciclo largo de la especie seleccionada.

Conclusiones

- Con la utilización del paquete tecnológico utilizado, se evidencia un incremento en el crecimiento esperado de las plantas de la parcela automatizada.
- Las densidades de siembra aplicadas a este cultivo, aseguraron un periodo vegetativo mas corto, caso opuesto, al aumentar la densidad de siembra, se daría un detrimento del peso del racimo a obtener.
- No se dio un rendimiento substancial en el peso del racimo en las parcelas de automatización Vs parcelas tradicionales, se presume que se dio por deficiencia hídrica durante el periodo vegetativo de la planta.
- Los niveles de fertilización fueron optimos en referencia a macronutrientes, se presentó deficiencia en la aplicación de micronutrientes, se evidencia en el rompimiento de algunos dedos de los racimos, especialmente en las parcelas 5 (automatizada)

y en la 2 y 6 (tradicional), lo que es consecuente al tratamiento aplicado.

- La incidencia de plagas, en especial de enfermedades como la producida por sigatoka negra, fue reducida al presentar control en los niveles de humedad del cultivo en todas las parcelas.

- Debido al uso de semilla seleccionada y a las labores culturales no se presentó Moko, (*Ralstonia solanacearum* Yabuuchi et al.).

- El ahorro de agua por encima al 25% es significativo debido a que es un recurso escaso.

Colaboradores

Mardy Jaritza Caro-Ahumada
Eduard Ulpiano Pinzón-Naranjo
Luz Marina Cárdenas-Díaz
Arnold Lee Torres-Niño

Aprendices SENA Casanare Tecnólogo
Automatización Industrial

Aprendices SENA Casanare Tecnólogo
Sistemas de Gestión Ambiental Ficha
967714, liderado por Ing. Jenny Andrea
Preciado e Ing. Alejandro Castro
Garzón.

Aprendices SENA Casanare Técnicos en
edificaciones y laboratorio de suelos,
liderado por la Ing. Raquel Suarez
Benítez y el Ing. Joel Vega.

Aprendices SENA Casanare Técnicos en
Instalaciones eléctricas liderado por
Ing. Edgar Henry Penagos.

Lic. Dana González, Programa Media
Técnica SENA Casanare.

REFERENCIAS

CORPOICA (SF), Modelo tecnológico El Cultivo del Plátano en el Eje Cafetero

Jorge Milton Moreno Mena (2009), Buenas Prácticas Agrícolas en el de cultivo de plátano exportación en la región de Urabá, Medellín

Gildardo E. Palencia C., (2006), Manejo sostenible del cultivo del plátano CORPOICA (SF), 500 preguntas sobre el plátano.

CORPOICA (SF), 500 preguntas sobre el plátano.

Alfonso Martínez Garnica (1998), Manual Instruccional No. 01 el cultivo del plátano en los llanos orientales, Aspectos generales y principales labores del cultivo del plátano

Alfonso Martínez (1997), Evaluación sistema de producción de plátano en el departamento del Meta

Camilo Medina (SF), Modelo de producción de plátano tecnificado (Musa AAB) con miras a un mercado de exportación.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá (2014), *Bulletin* Plátano.

Angélica María Olmos Soler (2015), Orden de prestación de Servicios No.0308 de 29 de Enero de 2015, Secretaria de Agricultura Ganadería y Medio Ambiente.

Patricio Méndez (Noviembre 2009), Manual de Papa para la Araucanía.

Carlos Federico Espinal G. (2005), Documento de Trabajo No. 61 la cadena del plátano en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica.

Sylvio Belalcázar Carvajal (1991), El cultivo del plátano en altas densidades de siembra una nueva concepción tecnológica de producción.

Martiniano Castro Popoca1S (Octubre-Diciembre 2008 p. 459-470), Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro.

Oziel Lugo Espinosa (Septiembre - 31 de octubre, 2011 p. 659-672), Prototipo para Automatizar un sistema de riego multicultivo.

Carlos Schugurensky y Flavio Capraro (01 March 2016), Control Automático de Riego Agrícola con Sensores Capacitivos de Humedad de Suelo. Aplicaciones en Vid y Olivo

A. G. Smajstrla (1988), Use of tensiometers for blueberry irrigation scheduling.

Martínez, V. R (1998). Exigencias hídricas del cultivo del plátano. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje.

Ernesto Pacheco Pacheco (2007), Control de un sistema de riego con el PLC S7-200

Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro, Martiniacomno Castro Popoca1S, Francisco y otros, *Agricultura Técnica en México* Vol. 34 Núm. 4 Octubre-Diciembre 2008 p. 459-470.