	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 7

26.

FECHA viernes, 23 de noviembre de 2018

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Cano Contreras	Jeison Enrique	1.070.974.555

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 7

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Ruiz Bohórquez	Liz Karen

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Efecto de la variación en la densidad de siembra en el componente de rendimiento número de raíces tuberosas en cultivo comercial de Yuca (<i>Manihot esculenta</i> CRANTZ).

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero Agrónomo

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
23/11/2018	45p

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Densidad de siembra	Sedding density
2. Yuca	Cassava
3. Rendimiento	Yield
4. Tuberización	Tuberization

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

El objetivo de este trabajo investigativo fue evaluar la influencia en términos de número de raíces tuberosas por planta que produce la variación de la densidad de siembra en un cultivo comercial de Yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ), ubicado en zona rural del municipio de Vista Hermosa, departamento del Meta. Se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar comprendido por cuatro tratamientos de distancias de siembra: 1.84m x 0.80m, 1.84m x 1.2m, 1.84m x 1.5m y 1.84 x 1.7m con cuatro repeticiones. En la evaluación de la variable, se observó diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual determinó que la variación de la distancia de siembra afecta la formación y diferenciación de raíces de reserva. Al aumentar el espacio entre plantas, se obtiene un incremento en el número de raíces aprovechables por planta. En fases próximas de este experimento, se espera registrar un rendimiento superior en tratamientos cuyas densidades de siembra estén entre las 3200 – 3600 plantas/ha, las cuales confieren a las raíces de la planta el espacio suficiente para desarrollarse y tuberizarse.

The objective of this research work was to evaluate the influence in terms of the number of tuberous roots per plant that produces the variation of planting density in a commercial Cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) crop, located in the rural area of the municipality of Vista Hermosa, Meta, Colombia. A completely randomized block experimental design was established comprising four treatments of planting distances: 1.84m x 0.80m, 1.84m x 1.2m, 1.84m x 1.5m and 1.84 x 1.7m with four repetitions. In the evaluation of the variable, significant differences were observed between the treatments, which determined that the variation of the planting distance affects the formation and differentiation of reserve roots. By increasing the space between plants, an increase in the number of usable roots per plant is obtained. In the next phases of this experiment, it is expected to register a superior performance in treatments whose planting densities are between 3200 - 3600 plants / ha, which give the roots of the plant enough space to develop and tuberise.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":




AUTORIZO (AUTORIZAMOS)		SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X		
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X		
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X		
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X		

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 5 de 7

caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI **NO**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 6 de 7

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.



La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Cano, Jeison. Proyecto final.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Cano Contreras Jeison Enrique	

12.1.50

Efecto de la variación en la densidad de siembra en el componente de rendimiento número de raíces tuberosas en cultivo comercial de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Jeison Enrique Cano Contreras

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Ingeniería Agronómica
Extensión Facatativá

2018

Efecto de la variación en la densidad de siembra en el componente de rendimiento número de raíces tuberosas en cultivo comercial de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo

Modalidad pasantía

Tutor de trabajo de grado:

Liz Karen Ruiz Bohórquez

Jeison Enrique Cano Contreras

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa de Ingeniería Agronómica

Extensión Facatativá

2018

Nota de aceptación

Firma del tutor

Firma del coordinador

Firma del jurado

Facatativá, 22 de noviembre de 2018

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Planteamiento del problema.....	10
Objetivos específicos.....	12
Marco Teórico.....	13
Generalidades, botánica y taxonomía.....	13
Agro climatología.....	14
Fenología.....	15
Fertilización.....	15
Época de siembra.....	16
Distancias y método de siembra.....	16
Control de malezas.....	17
Plagas y enfermedades.....	17
Enfermedades.....	17
Plagas.....	18
Cosecha.....	19
Postcosecha.....	20
Lavado.....	20
Secado.....	20
Parafinado.....	21
Generalidades del lugar de estudio.....	22
Metodología.....	23
Lugar de estudio.....	23
Descripción del experimento.....	25
Análisis estadístico.....	26
Fitotecnia.....	26
Cronograma de actividades.....	30
Recursos.....	31
Resultados parciales.....	32

Análisis de resultados parciales.	36
Recomendaciones.	38
Bibliografía.	39
Otras actividades realizadas.	41
Anexos.	45

Resumen.

El objetivo de este trabajo investigativo fue evaluar la influencia en términos de número de raíces tuberosas por planta que produce la variación de la densidad de siembra en un cultivo comercial de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), ubicado en zona rural del municipio de Vista Hermosa, departamento del Meta. Se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar comprendido por cuatro tratamientos de distancias de siembra: 1.84m x 0.80m, 1.84m x 1.2m, 1.84m x 1.5m y 1.84 x 1.7m con cuatro repeticiones. En la evaluación de la variable, se observó diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual determinó que la variación de la distancia de siembra afecta la formación y diferenciación de raíces de reserva. Al aumentar el espacio entre plantas, se obtiene un incremento en el número de raíces aprovechables por planta. En fases próximas de este experimento, se espera registrar un rendimiento superior en tratamientos cuyas densidades de siembra estén entre las 3200 – 3600 plantas/ha, las cuales confieren a las raíces de la planta el espacio suficiente para desarrollarse y tuberizarse.

Palabras clave: *Densidad, siembra, yuca, rendimiento, tuberización.*

Abstract.

The objective of this research work was to evaluate the influence in terms of the number of tuberous roots per plant that produces the variation of planting density in a commercial Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) crop, located in the rural area of the municipality of Vista Hermosa, Meta, Colombia. A completely randomized block experimental design was established comprising four treatments of planting distances: 1.84m x 0.80m, 1.84m x 1.2m, 1.84m x 1.5m and 1.84 x 1.7m with four repetitions. In the evaluation of the variable, significant differences were observed between the treatments, which determined that the variation of the planting distance affects the formation and differentiation of reserve roots. By increasing the space between plants, an increase in the number of usable roots per plant is obtained. In the next phases of this experiment, it is expected to register a superior performance in treatments whose planting densities are between 3200 - 3600 plants / ha, which give the roots of the plant enough space to develop and tuberise.

Key words: *Seeding density, cassava, yield, tuberization.*

Introducción.

A nivel mundial, la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es considerada como la cuarta fuente de energía mas importante, y constituye un elemento básico en la alimentación de mas de 500 millones de personas en las zonas tropicales. En términos de producción mundial, Nigeria es el país líder con 38.6 millones de toneladas producidas en el año 2014, seguido de Brasil, Tailandia e Indonesia. (Toro & Atlee, 2014). Según el DANE (2016), Colombia obtuvo una producción de 2.076.489 toneladas con un rendimiento promedio de 11.2 toneladas por hectárea/año, el departamento del Meta aporta el mayor porcentaje de esta producción con una participación total del 33.6%.

La yuca es un cultivo de gran valor en la economía rural por sus características de resistencia a la sequía y tolerancia a suelos poco fértiles, sin embargo, un manejo agronómico idóneo en sanidad, fertilización y labores culturales, pueden maximizar de gran forma el potencial productivo del cultivo, lo cual puede llegar a generar márgenes gruesos de rentabilidad en proyectos de mayor dimensión.

Los niveles de productividad varían ampliamente de una zona a otra, dado que las condiciones agroclimáticas, componentes de manejo cultural y variedades utilizadas no son las mismas para todas las zonas productoras. Parámetros como la densidad de siembra, tamaño de semilla vegetativa, método de siembra, fertilización y fitosanidad influyen drásticamente en los componentes de rendimiento (Cadavid, 2011). Alves (2002) menciona que en el país no se ha logrado obtener el máximo potencial productivo de la planta. Por lo anterior, es necesario adelantar labores de investigación que aporten a la búsqueda de las condiciones de manejo optimas en cada zona productiva, que concluya en el aumento de la calidad y rendimiento de los cultivos.

Dicho lo anterior, Agrollanos Ltda., creó la unidad de investigación agrícola, cuyo propósito es realizar ensayos experimentales con el fin de estandarizar cada proceso de producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la compañía, obteniendo los máximos rendimientos y, a la vez, optimizando costos de producción. De esta forma se planteó iniciar con el presente trabajo de investigación en el cual se determinó el impacto que ejerce la densidad de siembra en el número de raíces tuberosas del cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Planteamiento del problema.

Como se mencionó anteriormente, el nivel de rendimiento por hectárea del cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia está por debajo del potencial real del cultivar, es decir, 11,2 vs. 25-60 ton/ha (Streck, 2014). Paralelamente, los resultados registrados durante los 20 años de experiencia productiva de la empresa, mostraron una relación inversamente proporcional entre la densidad de siembra y el rendimiento y calidad del cultivo, es decir, a mayor número de plantas, menor rendimiento por área (11.5-13 ton/ha). Y viceversa, a menor número de plantas, se aumenta el rendimiento del cultivo (25-27 ton/ha).

A pesar de la existencia de estos datos, en el caso de Agrollanos Ltda., no se cuenta con un proceso de siembra estandarizado, en el que se especifique el valor exacto de densidad de siembra, por lo que los registros de rendimiento y producción de los proyectos de la empresa no pueden ser correlacionados, ni se pueden implementar medidas de manejo acertadas y homogéneas para optimizar la producción lo cual puede llegar a resultar complejo en las actividades de planeación y decisión de manejo. Lo anterior, debido a que no se ha establecido un experimento con la validez científica necesaria para confirmar si el efecto en el rendimiento realmente lo genera la variación de la densidad de siembra o si es producida por alguna otra condición.

Así se llega al cuestionamiento que direcciona este trabajo: **¿Cómo puede afectar la variación de la densidad de siembra en el número de raíces tuberosas por planta de un cultivo comercial de Yuca?**

De esta forma, se planteó el siguiente trabajo como punto de partida en la creación de la unidad de investigación de Agrollanos Ltda., enfocada principalmente en la búsqueda de alternativas de manejo amigables con el medio ambiente y, además, en la mejora de procesos de

producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y plátano (*Musa paradisiaca*) que permitan superar los máximos rendimientos registrados.

Objetivo.

Evaluar el efecto en el componente de rendimiento: número de raíces tuberosas, que ejerce la variación de la densidad de siembra en un cultivo comercial de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Objetivos específicos.

Determinar si la formación y diferenciación de raíces tuberosas se ve influenciada por el cambio en la densidad de siembra.

Establecer la evaluación a futuro de otras variables de rendimiento para determinar el comportamiento general de las raíces tuberosas cuando son sometidas a distintas distancias de siembra.

Identificar el mejor tratamiento para su implementación en futuras siembras y estandarizar el proceso.

Marco Teórico.

Generalidades, botánica y taxonomía.

La yuca es una planta perenne perteneciente a la familia *Euphorbiaceae*, considerada una de las materias primas alimenticias más importantes, debido al aporte energético y calórico que genera en la dieta humana y pecuaria. Es cultivada mayoritariamente por pequeños agricultores como cultivo de subsistencia por su capacidad de resistir periodos de sequía largos y su tolerancia a niveles de fertilidad de suelo bajos. (Navarro, 2005)

Reino: Vegetal

División: *Spermatophyta*,

Subdivisión: *Angiospermae*

Clase: *Dicotyledoneae*.

Orden: *Euphorbiales*

Familia: *Euphorbiaceae*

Tribu: *Manihotae*

Género: *Manihot*.

Especie: *Manihot esculenta* Crantz. (Streck, 2014)

La planta puede alcanzar desde 1m hasta 4m de alto, es comúnmente conocida como tapioca, mandioca o yuca. Se caracteriza especialmente por poseer un tallo semileñoso y ramas en su tercio medio y superior. Las hojas están compuestas normalmente por 4-10 lóbulos, con peciolo de coloración roja, verde o púrpura que van desde los 0.2m a los 0.4m dependiendo de la variedad. Produce flores masculinas y femeninas dada su condición monoica. (Toro & Atlee, 2014) Sus raíces son fibrosas y se dividen en dos grupos: las que son utilizadas por la planta para absorber nutrientes y agua, y las demás que sufren un proceso de engrosamiento para almacenamiento de carbohidratos, de ahí su resistencia a la sequía. El color de la pulpa de las raíces tuberosas puede

ser blanco o amarillo. El género *Manihot* reporta cerca de 100 especies diferentes, sin embargo, la única de importancia comercial y económica es *Manihot esculenta*. (Alves, 2002)

Las características morfológicas de la yuca son muy variables, las cuales pueden indicar el nivel de hibridación interespecífica que haya sufrido. El banco de germoplasma más grande está localizado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, con cerca de 4700 ejemplares. (Alves, 2002)

Agro climatología.

La yuca puede adaptarse a un rango amplio de temperaturas, no obstante, el rango óptimo se encuentra entre los 25 y 29°C, donde se ha observado una buena brotación, producción de hojas, llenado de raíces y, por ende, rendimientos altos. Las temperaturas inferiores a 16°C afectan la producción de hojas, provoca poca formación de raíces reservantes y un menor grosor de estas. La planta requiere desde 10 a 12 horas de luz, por lo que se considera como un cultivo de fotoperiodo corto. (Brenes, 2017)

Como lo menciona también Brenes (2017), la yuca prefiere lluvia abundante y bien distribuida a lo largo del ciclo, el valor óptimo de precipitación es de 750 – 2000 mm año. Su condición de resistencia a las sequias no evita una disminución en la productividad y calidad de la raíz cuando baja la oferta hídrica. En estos casos, el área foliar se reduce y en las raíces tuberosas se forman anillos leñosos, producto de la extracción de reservas de la planta para suplir el requerimiento de agua. En el apartado de altitud, esta planta puede desarrollarse desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm, pero se ha evidenciado que en alturas mayores a 600 msnm el ciclo de la planta se alarga y su rendimiento en raíces es menor.

Fenología.

La fenología del cultivo consta de tres etapas: Crecimiento lento, máximo crecimiento y senescencia. La primera, comprende el periodo desde la siembra hasta los primeros 60 días después de siembra (DDS) y aquí ocurre uno de los procesos más importantes dentro del ciclo, la brotación y enraizamiento de las estacas, hasta los 30 DDS, las raíces fibrosas y tuberosas están diferenciadas, por lo que es importante la metodología de tratamiento pre-siembra de la estaca y la primera fertilización, los cuales puede impactar directamente el rendimiento en termino de número de raíces aprovechables por planta. (Ternes, 2002)

La etapa de máximo crecimiento, va desde los 60 DDS hasta los 150 DDS, en donde ocurre la formación de ramas y crecimiento de hojas, alcanzando la máxima producción de biomasa e índice de área foliar.

Por último, en la etapa de senescencia, que inicia desde los 150 DDS y va hasta la cosecha; ocurre una disminución de la biomasa aérea, producida por la reducción de tamaño de las hojas, lo cual induce al proceso de almacenamiento y traslocación de nutrientes y fotoasimilados a las estructuras radiculares de almacenamiento, en otros términos, se da lugar al engrosamiento y acumulación de materia seca en el tubérculo, en este caso, cualquier alteración en el área foliar de la planta puede afectar este proceso. (Alves, 2002)

Fertilización.

Debido a la tolerancia de la planta a niveles altos de Aluminio, no es necesario aplicar grandes cantidades de enmiendas. Estas últimas deben hacerse con extremo cuidado, Cadavid (2007) afirma que un sobreencalamiento puede producir deficiencia de elementos menores y afectar la producción.

La yuca es una planta altamente efectiva en la extracción de fósforo del suelo, por su asociación con micorrizas nativas. En el caso de los llanos orientales, la mayoría de los suelos tienen un contenido de P disponible muy bajo, y, por lo tanto, es el elemento más limitante durante el ciclo productivo. Por esto, es importante la aplicación de suplementos de Fosforo, que aumente la oferta del elemento al inicio del ciclo. En cuanto a la necesidad de potasio, la yuca extrae grandes cantidades de este elemento del suelo, se ha reportado que la planta alcanza a extraer 4 kg de K por cada tonelada de raíz producida, por lo cual, aplicaciones en cada siembra ayudan a reponer la cantidad extraída y mantener la disponibilidad del elemento en el suelo. (Brenes, 2017)

Época de siembra.

Howeler (2000) indica que este cultivo puede sembrarse en cualquier época del año, sin embargo, debe garantizarse la cantidad suficiente de agua para su brotación y desarrollo inicial. La mejor brotación se consigue al inicio de las lluvias o al final del invierno. La fecha de siembra y de cosecha depende principalmente del destino de la producción, ya que, si la yuca debe ser secada, la raíz debe ser cosechada en la época de menor lluvia posible.

Distancias y método de siembra.

La determinación de distancia de siembra depende de la variedad, nutrición del suelo, nivel de mecanización y mercado. A grandes rasgos, se recomienda sembrar de 8000 a 10000 plantas por hectárea en suelos pobres, mientras que en suelos fértiles se recomienda una densidad entre 17000 y 20000 plantas por hectárea. (Navarro, 2005)

Sin embargo, en los llanos orientales se ha reportado una disminución en el rendimiento y en la calidad de la raíz en cultivos con densidades de siembra altas, lo cual indica una alteración en el desarrollo del cultivo debido a la competencia por espacio, nutrientes y luminosidad. (Howeler, 2000)

Control de malezas.

El periodo crítico de competencia por malezas en el cultivo de yuca se encuentra dentro de los primeros tres meses DDS, se recomienda una aplicación de herbicida antes o justo después de la siembra, y posteriormente complementar el manejo con deshierbas manuales cerca de la planta o aplicaciones de herbicidas selectivos. (Howeler, 2000)

Plagas y enfermedades.

Enfermedades.

En cuanto a enfermedades fungosas se encuentran dos principales limitantes del cultivo:

- La sarna o super alargamiento de la yuca (*Sphaceloma manihoticola*) se registra mayormente en la época de lluvia, su ciclo de vida inicia principalmente sobre la epidermis y luego de penetrar, invade espacios intercelulares de epidermis y corteza. Se manifiesta en forma de chancros de coloración amarilla y de tamaño que puede variar dependiendo del lugar afectado, edad de la planta y condiciones climáticas. El método de control más efectivo es la selección positiva de estacas sanas, selección de variedades resistentes y tratamiento de estacas antes de la siembra. (Brenes, 2017)
- La mancha parda de la hoja (*Cercospora henningsii*) es una de las enfermedades de mayor importancia en la yuca. Se identifica por la formación de manchas irregulares de color café rojizo, las venas adyacentes a las lesiones pueden aparecer de color negro. Como control preventivo, deben implementarse labores para disminuir niveles de humedad. (Brenes, 2017)

Por otro lado, las enfermedades bacterianas constituyen un serio peligro para el desarrollo del cultivo, entre ellas se encuentran dos principales.

- Pudrición bacteriana (*Xanthomona manihotis*): Puede ocasionar pérdidas hasta del 100%, la bacteria ingresa al hospedero durante la apertura de estomas o por heridas en la epidermis. Tiene movilidad sistémica en la planta por lo que puede colonizarla completamente en cuestión de horas. Provoca manchas pequeñas de apariencia acuosa en el envés de la hoja que van creciendo hasta cubrirla completamente. Como métodos de control se recomienda principalmente la desinfección de herramientas, drenajes adecuados y control de malezas oportuno. (Howeler, 2000)
- Cuero de sapo (*No descrito aun*): El agente causal es una variante de bacteria llamada fitoplasma, el cual es transmitido principalmente por insectos. El fitoplasma, se transporta a través del floema de la planta y ocasiona pérdida total de la calidad de la raíz, la cual puede presentar leñosidad, cascara gruesa y hendiduras en forma de labios. Para su manejo debe utilizarse semilla certificada sana para evitar infectar la plantación. (Howeler, 2000)

Plagas.

- Gallina ciega (*Phyllophana sp.*): Normalmente se encuentran en posición curvada, en el suelo o en la materia orgánica en proceso de descomposición. El daño lo causan al alimentarse de las raíces de las plantas y de la corteza de la estaca en estadios iniciales. En la planta aparece repentinamente marchitez en las hojas y posteriormente muere. Como control puede implementarse medidas de tipo biológico como el uso de algunos hongos entomopatógenos del género *Metarhizium* y *Beauveria* (Brenes, 2017)
- Chinche subterráneo de la viruela (*Cyrtomenus bergi*) Este insecto se alimenta de las raíces de la yuca, provoca la entrada de patógenos del suelo que degradan los tejidos y oxidan las raíces, dejándolas inservibles para la comercialización. Desde el año 1980 existen reportes de pérdidas que alcanzan el 50% por el ataque de este insecto. Es una de las plagas más

agresivas de este cultivo, ya que un solo chinche puede dañar el 22% de las raíces. Se recomienda ampliamente el control biológico sobre el químico, ya que este último no es eficiente por el hábito de vida subterráneo del insecto. Los nematodos del género *Steinema* y *Heterorhabditis* son los más utilizados para el control del insecto. (Alves, 2002)

Cosecha.

Con el propósito de favorecer el engrosamiento de las raíces y facilitar a su vez el proceso de arranque, se realiza un descope (remoción de follaje) por lo menos, una semana antes de la cosecha.

Dependiendo del material sembrado, el periodo óptimo para realizar la labor de cosecha va desde los 8 meses hasta los 11 meses. Es de vital importancia ejecutar la cosecha en el tiempo adecuado, ya que posterior a este periodo, la raíz se torna mas endurecida, el contenido de almidón disminuye y, por ende, afecta la calidad culinaria del producto. (Ospina & Ceballos, 2002)

La raíz debe ser arrancada pegada al tallo, en la zona del departamento del Meta, la operación de arranque se realiza de forma manual y de forma cuidadosa, ya que puede presentarse daño mecánico en el producto por despuntes o destronques, posteriormente se procede con el desmanado o separación de cada yuca de la planta. Durante la cosecha, se recomienda realizar selección positiva de semilla para siembras posteriores, descartando las plantas con bajo rendimiento, porte débil y con sintomatologías de ataque por plagas o infección por enfermedades como cuero de sapo o viruela. (Ospina & Ceballos, 2002)

Postcosecha.

Inicialmente se realiza una selección en campo siguiendo los parámetros definidos para cada mercado: longitud, diámetro, daños mecánicos, afección por plagas y enfermedades, coloración, etc.

Lavado.

El siguiente paso es realizar el lavado del producto en tanques medianos con agua potable con ayuda de cepillos, con el fin de remover la totalidad de suelo adherido a la raíz. Se recomienda realizar este proceso máximo 6 horas después de la cosecha, ya que, a partir de ese momento, inicia el deterioro fisiológico de la raíz, lo que puede disminuir la calidad. (Brenes, 2017)



Figura 1. Proceso postcosecha de lavado de yuca. Fuente: Autor, 2018.

Secado.

Es el proceso en el cual se remueve el agua superficial de la raíz para evitar la proliferación de hongos. La infraestructura implementada en esta labor debe garantizar que no acumule la

humedad extraída del producto, ya que, si la raíz no se seca adecuadamente, el proceso de parafinado puede deteriorarla. En la zona de estudio, se hace uso de pequeñas estructuras de plástico, similares a un invernadero para realizar el procedimiento de secado. (Brenes, 2017)



Figura 2. Infraestructura para proceso de secado de yuca. Fuente: Autor, 2018.

Parafinado.

Se realiza con el fin de aumentar el tiempo de vida útil estableciendo una barrera física entre la raíz y el ambiente, lo cual controla los procesos de respiración, disminuyendo la oxidación vascular. Esta se realiza sumergiendo momentáneamente la yuca en parafina fundida a 150°C de temperatura, medida recomendada ya que por debajo de este valor el producto puede presentar una apariencia blancuzca. (Brenes, 2017)



Figura 3. Labor de parafinado de yuca. Fuente: Autor, 2018.

Generalidades del lugar de estudio.

El municipio de Vista Hermosa hace parte del área de manejo especial de La Macarena, se encuentra ubicado a una altitud promedio de 460 msnm y se extiende en 1023 km² de área urbana y 3061 km² de área rural. Se reporta una temperatura media de 26 a 29°C y una precipitación de 2500 a 5300 mm año. (PNUD, 2016)

Cuenta con 25.032 habitantes, de los cuales, el 67% se establece en las zonas rurales, mientras el 33% restante se concentra en la cabecera municipal. La mayoría de esta población se dedica a actividades basadas especialmente en la agricultura, donde destacan los cultivos de cacao, palma de aceite, plátano, papaya, yuca, caña panelera y cítricos, además de ganadería bovina y porcina. (PNUD, 2016)

Metodología.

Lugar de estudio.

El ensayo fue establecido en el proyecto “El Progreso” de Agrollanos Ltda. Ubicado en la vereda la Albania, municipio de Vista Hermosa, departamento del Meta. El sitio está localizado en las coordenadas N 3.0562207, E -73.8047214, a una altura de 357 msnm. Cuenta con una precipitación media anual de 2500 a 3500 mm año y temperatura media de 26-29°C. El lote seleccionado para el ensayo cuenta con un área de 4.26 Ha. (lote demarcado) cuyas medidas se relacionan a continuación.

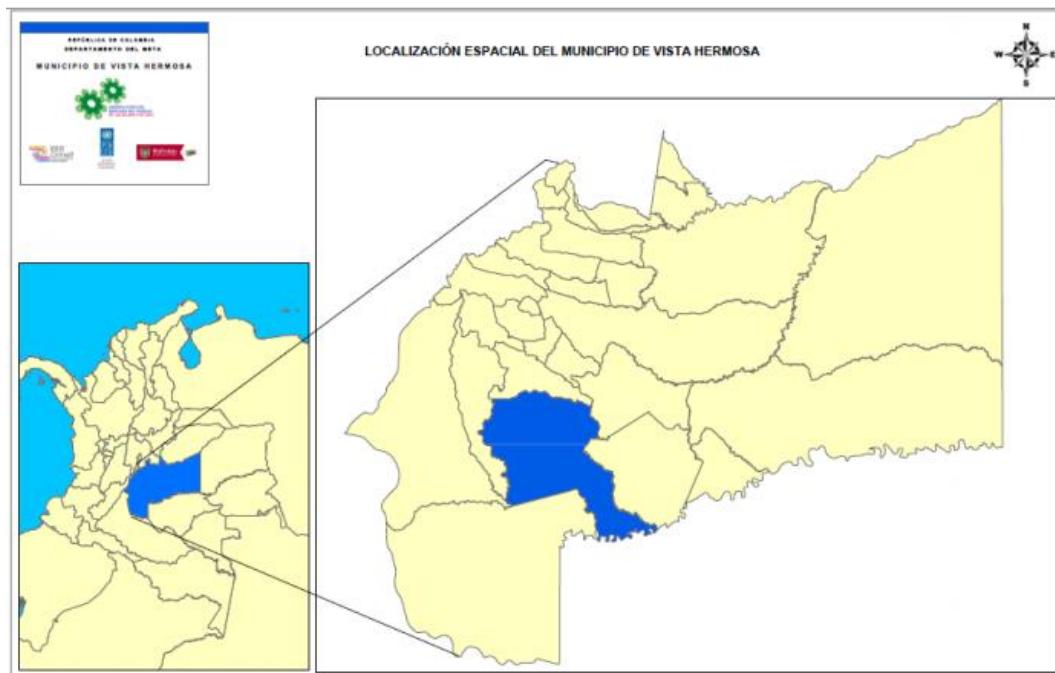


Figura 4. Localización espacial municipio de Vista Hermosa (Meta). (PNUD, 2016)



Figura 5. Localización sitio de estudio (4.26Ha). Lote demarcado. Vereda La Albania.

Fuente: Google Earth, modificado por el autor, 2018.

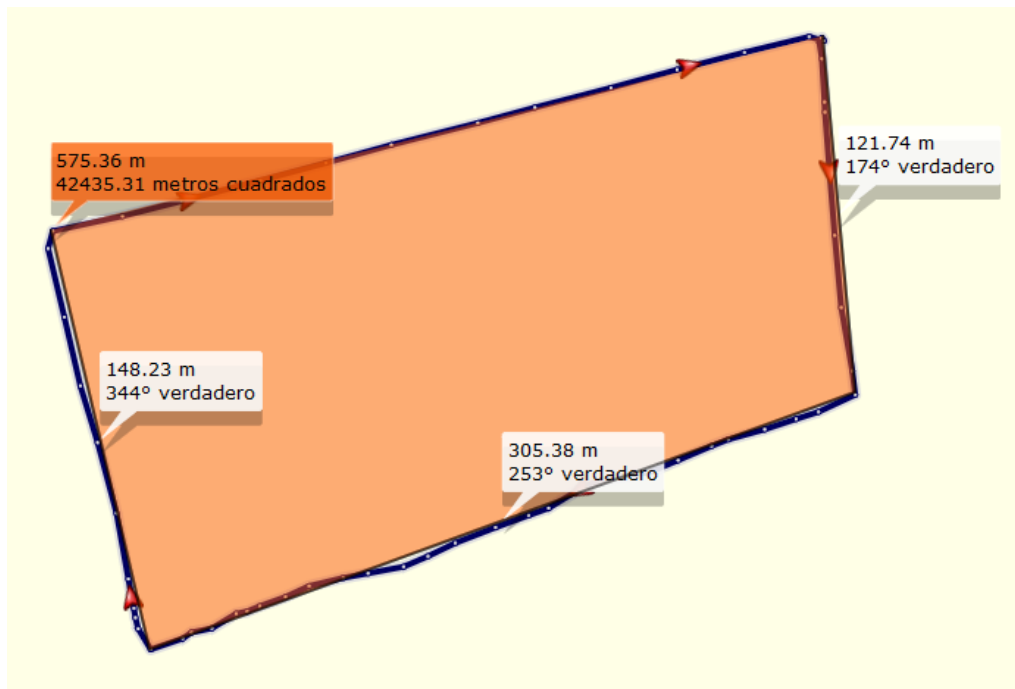


Figura 6. Medición lado por lado del lote experimental. (4.26Ha área real total).

Fuente: Garmin BaseCamp, 2018

Previo a la siembra del experimento se obtuvo un análisis de suelo del lote establecido, el cual, presenta las siguientes características físicas y químicas: *Ver Anexo I*

- Textura: Franco Arcillo Arenosa (F Ar A)
- pH: 4.91 – Moderadamente ácido
- Bajo contenido de materia orgánica: 2.2% M.O
- Suelo con capacidad de retención de nutrientes y agua: Media
- Bajo contenido de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca)
- Contenido intermedio de Azufre (S) y Aluminio (Al)
- Alta concentración de Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn)

Descripción del experimento.

Se estableció un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, aplicado a cuatro tratamientos. Dicho bloqueo responde a la necesidad de reducir la influencia de la pendiente del suelo y de la luminosidad en la variabilidad de los datos.

Tabla 1

Tratamientos establecidos para el ensayo

Tratamiento	Distancia(m) Surco-plantas	Densidad de siembra
T0 - Testigo	1,84 x 0,8	6750 plantas/ha
T1	1,84 x 1,2	4498 plantas/ha
T2	1,84 x 1,5	3600 plantas/ha
T3	1,84 x 1,7	3186 plantas/ha

El área comprendida por tratamiento y bloque es 10.650 m², por consiguiente, el área por repetición es de 2.662,5 m², distribuidos en campo de la siguiente manera:

Bloque 1		Bloque 2	
T0R1	T1R1	T2R2	T3R2
T2R1	T3R1	T0R2	T1R2
T1R3	T2R3	T3R4	T0R4
T3R3	T0R3	T1R4	T2R4
Bloque 3		Bloque 4	

Figura 7. Distribución de tratamientos y repeticiones

La toma de datos se inició a partir de los 30 días después de siembra (DDS), esto para hacer el conteo inicial de raíces tuberosas, y se continua con la recolección de datos cada 45 días, se espera obtener 8 datos durante 11,5 meses. En los que se medirán las variables de rendimiento:

- Numero de raíces tuberosas (primera y única medición)
- Diámetro de raíces
- Rendimiento en kilogramos (planta-/hectárea)

Análisis estadístico.

El análisis estadístico para la variable de raíces tuberosas por planta se procesó por medio de una tabla ANOVA, utilizando las herramientas de análisis de datos de Microsoft Excel 2016 y las diferencias entre tratamientos se obtuvieron mediante prueba LSD de Fisher en software Minitab 18 (2007), ambos con un nivel de confianza del 90 %.

Fitotecnia

Se usaron semillas vegetativas de 40 cm de la variedad Brasileira (MCol2737), resultantes de una selección positiva de plantas madre con características óptimas de crecimiento y rendimiento, buen porte, de un grosor adecuado 3-4cm de diámetro, con 4-6 yemas en buen estado y sin rastro de ataque por plagas o infección por hongos o bacterias. (*Figura 5*). Este material de siembra fue tratado previamente realizando una inmersión del mismo en una solución de 300lts de agua con Fitosan (5cc/lit), Biocim (5cc/lit) y Raizal (2gr/lit) por un periodo de tiempo de 1 minuto.

Vale la pena aclarar que esta metodología está evaluada e implementada por el departamento técnico de la empresa.



Figura 8-9. Selección y tratamiento de semilla antes de siembra. Fuente: Autor, 2018.

Esta semilla se sembró paralela al suelo, en hoyos de 10 cm de profundidad, adicionando una mezcla compuesta de 100 gr de gallinaza compostada (Avicompost) y 40 gr de fertilizante químico en mezcla física 13-26-13-3, Nitrabor y Kieserita por sitio, cubriendo con suficiente suelo para evitar perdida del fertilizante. (Fecha de siembra: 31-ago-18 al 5-sep-18)



Figura 10. Labor de siembra y pre-abonado. Fuente: Autor, 2018

Posterior a la siembra, se aplicó un tratamiento herbicida pre emergente, utilizando Oxyflourfen en una dosis de (5cc/lt), con el fin de evitar la emergencia de malezas que pudieran interferir en el enraizamiento y establecimiento de la estaca (semilla).

Pasados los primeros 15 días DDS se realiza la labor de raleo que consiste en eliminar todo material vegetal de yuca que rebrota del residuo de cosecha del cultivo anterior, con el fin de disminuir la competencia por nutrientes, espacio y agua; y, además, poder identificar la planta productiva, lo cual hace más eficiente la aplicación de fertilizantes edáficos y foliares, y, por supuesto, el manejo fitosanitario.

A los 20 días después de siembra (DDS) se realizó la primera fertilización foliar en adición con el primer control de plagas, consistente en una mezcla de Carbosulfan + Fertifoliar aplicada

directamente a la planta con ayuda de una bomba de espalda Royal Condor de 20lts, a razón de 100 lts por hectárea.

Finalmente, cumplidos los 30 DDS, se realizó el conteo inicial de raíces tuberosas. Con ayuda de un machete, se remueve la capa de suelo adyacente a la planta, luego, de forma cuidadosa se retira la planta del suelo, evitando romper las raíces para su conteo y posterior registro de datos en el formato del *Anexo 2*. Se determinó un tamaño de muestra de 10 plantas por repetición, para un total de 160 plantas en todo el lote experimental.



Figura 11-12. Muestreo destructivo para conteo de raíces tuberosas. Fuente: Autor, 2018.

Cronograma de actividades.

Dentro de la ejecución del ensayo, a continuación, se describen las actividades de manejo agronómico del cultivo y su fecha de ejecución, especificando el momento de toma de datos.

Tabla 2.

Cronograma de actividades establecido para el experimento

Actividad/ Mes-año	0918	1018	1118	1218	0119	0219	0319	0419	0519	0619	0719	0819
Obtención de semilla	X											
Siembra	X											
Fertilización radicular	XX	X		X	X		X		X			
Control de hierbas	X	X	X	X		X						
Aplicaciones foliares	X	X	X	X		X	X	X				
Evaluación inicial tuberización		X										
Toma de datos	X	X	X		X	X		X	X		X	X

Recursos.

Tabla 3.

Materiales, insumos y mano de obra empleados durante la ejecución del ensayo

Actividad	Concepto	Necesidad
Montaje de experimento	GPS Garmin 64s	1 unidad
Siembra	Jornales	30 (6 personas/5 días)
	Semilla vegetativa	19.205 un
	Azadón	4 unidades
	Gallinaza compostada - Avicompost	39 bultos
	Fertilizante 13 6 23 6, Nitrabor, Kieserita. Mezcla física	16 bultos
	Oxyfen (Oxyflourfen)	4 litros
Primera aplicación foliar (100lts/ha)	Bomba de espalda Royal Condor	2 unidades
	Jornales	2 jornales
	Eltra 48 SC (Carbosulfan)	1 litro
	Fertifoliar	4 litros
	Pegal	1 litro

Resultados parciales.

Es de importancia aclarar, que el siguiente reporte de resultados corresponde únicamente a la variable de rendimiento raíces tuberizadas por planta, ya que, la extensión en tiempo del experimento impide aún exponer resultados de las demás variables a evaluar dentro del trabajo investigativo. Realizada la primera toma de datos del experimento, se evaluó inicialmente la cantidad de raíces tuberosas por planta, y se construyó la siguiente serie de datos.

Tabla 4.

Valores de numero de raíces tuberizadas por planta, por bloque

BLOQUE 1				BLOQUE 2				BLOQUE 3				BLOQUE 4			
T0R1	T1R1	T2R1	T3R1	T0R2	T1R2	T2R2	T3R2	T0R3	T1R3	T2R3	T3R3	T0R4	T1R4	T2R4	T3R4
12	7	5	12	9	6	18	9	3	11	6	4	8	7	5	11
8	9	6	7	11	9	18	17	5	8	9	3	7	5	5	3
11	6	10	9	7	12	12	14	5	6	11	1	6	6	4	7
4	8	10	8	8	7	17	12	4	2	7	5	0	3	3	4
7	4	10	9	6	7	10	10	6	10	8	9	4	6	4	4
9	17	8	11	10	12	10	12	8	6	10	7	3	4	3	5
7	17	21	8	7	18	7	8	4	3	6	8	4	4	5	8
9	13	9	9	9	10	6	13	4	6	7	2	3	3	7	5
13	6	19	5	9	10	11	6	0	9	7	6	5	13	3	1
16	10	17	5	6	3	8	11	7	14	6	7	4	4	9	4

Tabla 5.

Tabla de distribución de frecuencias

Clase	Marca clase	F. Absoluta f_i	F. Absoluta Acumulada F_i	F. Relativa n_i	F. Relativa acumulada N_i
(0-3]	1,5	18	18	11,3%	0,11
(3-6]	4,5	49	67	30,6%	0,42
(6-9]	7,5	49	116	30,6%	0,73
(9-12]	10,5	27	143	16,9%	0,89
(12-15]	13,5	6	149	3,8%	0,93
(15-18]	16,5	9	158	5,6%	0,99
(18-21]	19,5	2	160	1,3%	1,00

Tabla 6.

Valores de estadística descriptiva para los datos obtenidos

Media	7,78125
Error típico	0,31680796
Mediana	7
Moda	7
Desviación estándar	4,00733898
Varianza de la muestra	16,0587657
Curtosis	0,83363936
Coficiente de asimetría	0,87273567
Rango	21
Mínimo	0
Máximo	21
Suma	1245
Cuenta	160

Fecha de toma de datos: 9 – 10 de octubre de 2018

De acuerdo a la tabla de distribución de frecuencias, el 62% de las plantas muestreadas presentan entre 4,5 y 7,5 raíces tuberosas en promedio, mientras que tan solo el 1,3% de los datos corresponden a un promedio de 19.5 raíces tuberosas por planta.

En total, se obtuvieron 160 valores en la medición de la primera variable de rendimiento. El promedio general corresponde a 7,78 raíces tuberosas por planta en todo el experimento. El valor mínimo (0 raíces tuberosas) se obtuvo en el tratamiento 0, repeticiones 3 y 4. Por otro lado, el valor máximo (21 raíces tuberosas) se reporta en el tratamiento 2, repetición 1.

Tabla 7.

Promedios de datos por bloque y repetición. Numero de raíces tuberosas por planta

Tratamiento	Bloque / Repetición				
	1	2	3	4	Media
T0	9,6	8,2	4,6	4,4	6,7
T1	9,7	9,4	7,5	5,5	8,025
T2	11,5	11,7	7,7	4,8	8,925
T3	8,3	11,2	5,2	5,2	7,475

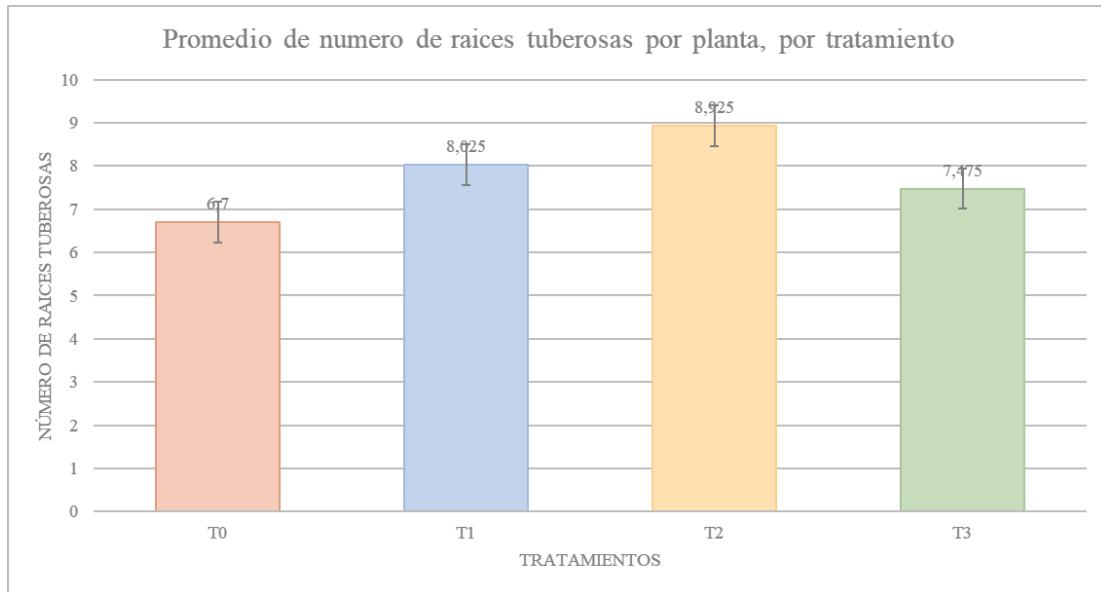


Figura 13. Promedio de numero de raíces tuberosas por planta, por tratamiento. (Autor, 2018)

Los promedios por repetición más altos se obtuvieron en el tratamiento 2, repetición 1 y 2; con 11,5 y 11,7 raíces tuberizadas por planta respectivamente. En contraste, los promedios mas bajos se observaron en el tratamiento 0, en las repeticiones 3 y 4 con valores de raíces tuberizadas por planta de 4,6 y 4,4 respectivamente.

Por consiguiente, el promedio por tratamientos más alto se registró en el Tratamiento 2: Con 8,92 raíces tuberosas por planta; mientras que el menor promedio se obtuvo en el tratamiento 0, con 6,7 raíces.

Finalmente, se obtuvo la tabla de análisis de varianza con un nivel de confianza de 90%, partiendo desde las siguientes hipótesis:

H₀: No existen diferencias significativas entre los tratamientos

H_a: Si existen diferencias significativas entre los tratamientos

Tabla 8.

Tabla ANOVA de análisis de varianza de dos factores con una muestra por grupo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	10,521875	3	3,507291667	2,947131937	0,090990154	2,812862997
Bloques	78,751875	3	26,250625	22,0580615	0,000174644	2,812862997
Error	10,710625	9	1,190069444			
Total	99,984375	15				

Regla de decisión: Se definen dos condiciones para determinar la validez de las hipótesis. Si el valor F es mayor al valor crítico para F, se rechaza la hipótesis nula. Por otro lado, si el valor de Probabilidad es menor al valor alfa (0,10; 90%) se rechaza de igual manera la hipótesis nula, indicando que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 9.

Valores de coeficiente de determinación y correlación de Pearson para los datos.

<i>R</i>	<i>R²</i>
0,4685	0,2194

Tabla 10.

Prueba de comparación de medias mediante el método LDS de Fisher con un nivel de confianza del 90%

<i>Factor</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>	
T2	4	8,92	A	
T1	4	8,025	A	B
T3	4	7,47	A	B
T0	4	6,70	B	

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Análisis de resultados parciales.

Como se observa en la tabla de análisis de varianza obtenida, la fuente de variación de los tratamientos rechaza la hipótesis nula en ambos criterios de decisión, indicando que existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual afirma que la diferenciación y formación de raíces tuberosas se ve afectada por la variación de la densidad de siembra.

La prueba de comparación de medias LSD de Fisher indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T3. Por otro lado, entre los tratamientos T2 y T0 – Testigo se evidenció diferencia significativa, encontrando que el tratamiento T2 con un promedio de 8,92 raíces tuberosas por planta demuestra un rendimiento superior contra el testigo T0, con 6,7 raíces por planta. Coincidiendo de esta forma con los resultados obtenidos por Mojena & Bertoli (2004), donde se obtuvo una mayor cantidad de raíces tuberosas en arreglos espaciales con menor cantidad de plantas, en este caso: 5,7 raíces tuberosas con 11.904 plantas por hectárea, versus, 4,32 raíces tuberosas con 15.873 plantas por hectárea.

Interpretando el valor obtenido para el coeficiente de correlación de Pearson, se observa una relación directamente proporcional del 21,9% entre la variable dependiente y la variable independiente. En síntesis, al aumentar el espacio entre plantas, aumenta a su vez, el número de raíces tuberosas por planta.

Sin embargo, el rendimiento final del cultivo no puede predecirse en esta fase del experimento, ya que otras variables de importancia como el diámetro y peso de las raíces también influyen directamente en el valor de producción del lote, una mayor cantidad de raíces tuberosas aún no asegura que se desarrollen correctamente y generen rendimientos superiores, por lo que es importante continuar con la medición y evaluación de las dos variables de rendimiento restantes.

Conclusiones.

El número de raíces tuberizadas se ve influenciado por la variación de la densidad de siembra. El tratamiento número 2 con distancia de siembra (1.84m x 1.5m) obtuvo mayor número de raíces tuberosas por planta, contrastando con el tratamiento testigo (1.84m x 0.8m) en el cual, se observó una menor generación de raíces aprovechables.

Lo anterior indica, que el parámetro de densidad definido actualmente por la empresa para la labor de siembra no es el indicado si se busca obtener mayor número de raíces tuberizadas por planta.

Aún con el resultado anterior, es necesario continuar con la medición y evaluación de las demás variables propuestas para el proyecto, lo cual permita conocer a profundidad el comportamiento general en relación a la tuberización y engrosamiento de las raíces reservantes y saber de esta forma, si el total de raíces generadas tienen la capacidad de desarrollarse correctamente, obteniendo así un incremento significativo en el rendimiento.

Recomendaciones.

Para obtener resultados aún más concretos de este estudio, se debe continuar con la ejecución, toma de datos, evaluación y análisis del mismo, y, de esta forma, identificar el tratamiento adecuado que genere un máximo rendimiento por área del cultivo, y, además, optimice otros procesos de producción agrícola del cultivo de Yuca.

Es determinante establecer y ejecutar otros trabajos investigativos que apunten a mejorar aspectos agronómicos como: preparación de suelos, siembra, fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades; como de postcosecha: lavado, parafinado, pelado, etc. Generando un producto de calidad con precios competitivos al mercado, dinamizando la economía agrícola de la región y del país.

Al momento de determinar el tipo de investigación, variable a evaluar y metodologías a aplicar, es de vital importancia adoptar un diseño experimental acorde con estos parámetros, lo cual permita obtener resultados confiables y relevantes dentro del ejercicio investigativo.

Bibliografía.

- Alves, A. C. (2002). Cassava Botany and Pysiology. En A. C. Alves, *Cassava: Biology, production and utilization* (págs. 67-89). Bahia, Brazil: CAB International. Obtenido de: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/cabi_08ch5.pdf
- Brenes, E. A. (2017). *Manual del cultivo de Yuca*. Costa Rica : Altdigital. Obtenido de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Cadavid, F. (2011). *Manual de nutrición vegetal: una visión de los aspectos nutricionales del cultivo de yuca*. Santo Domingo: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- DANE. (2016). Cultivo de la Yuca. *Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*, 20-38. Obtenido de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf
- Howeler, R. H. (2000). *Introducción al cultivo de Yuca*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Mojena, M., & Bertoli, M. P. (2004). Rendimiento de la Yuca (*Manihot esculenta*) bajo diferentes arreglos espaciales. *Agronomía Costarricense*, 87-94.
- Navarro, M. B. (2005). Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de Yuca (*Manihot esculentum*) Var. Valencia1. *Agronomía Mesoamericana*, 225-230.
- Ospina, B., & Ceballos, H. (2002). *La Yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- PNUD. (2016). *Perfil productivo Municipio de Vista Hermosa*. Villavicencio - Meta: Gobernación del Meta. Obtenido de: <https://www.meta.gov.co/web/sites/default/files/ormet/2014/3.%20PERFIL%20PRODUCTIVO%20MUNICIPIO%20DE%20VISTA%20HERMOSA.pdf>

- Streck, N. (2014). Effect of plant spacing on growth, development and yield of cassava in a subtropical environment. *Crop Production and Managem*, 407-415. Obtenido de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052014000400009&script=sci_arttext&tlng=en
- Ternes, M. (2002). Fisiologia da Planta. En M. Cereda, *Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas*. (págs. 66-82). San Pablo: Fundação Cargill.
- Toro, J., & Atlee, C. (2014). Prácticas agronómicas para la producción de Yuca; una revisión de literatura. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, 44. Obtenido de: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/71446>

Otras actividades realizadas.

Durante la etapa de pasantía realizada en Agrollanos Ltda., se realizaron otras actividades de investigación relacionadas principalmente con la introducción de nuevas alternativas de manejo fitosanitario, fertilización y conservación de suelos a los cultivos de Yuca y Plátano.

Dichas actividades consisten en el establecimiento de ensayos de pequeña extensión (1-3 Hectáreas) en los cuales se evalúa el efecto de insumos agrícolas sobre variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos ya mencionados.

A continuación, se mencionan algunos trabajos de gran relevancia para el mejoramiento del sistema productivo de los cultivos de yuca y plátano.

➤ **Evaluación de bioinsumos agrícolas como inoculadores de suelo, solubilizadores de Fosforo y fijadores de Nitrógeno.**

El objetivo de este ensayo es evaluar la eficacia del bioinsumo agrícola Dimazos como fijador de Nitrógeno y de Fosfobiol 1000 SC como solubilizador de Fosforo, en condiciones de campo de cultivo de Yuca.

Dimazos es un inoculante biológico en formulación líquida a base de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum sp.*, bacterias reconocidas por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo, de forma que puede ser aprovechado por la planta, favoreciendo así su crecimiento. Su efectividad ha sido comprobada en cultivos de arroz, maíz, pastos, soya, algodón y caña de azúcar.

Fosfobiol 1000 SC es un biofertilizante fabricado a base del hongo *Penicillium janthinellum*, el cual, solubiliza el fosforo retenido por las arcillas, lo que hace más eficiente la fertilización fosfórica, lo que favorece la formación y el desarrollo del sistema radicular de la planta.

Se establecieron tres tratamientos y un testigo: Dimazos (1 lt/ha); Fosfobiol (1 lt/ha); Dimazos (500 cc/ha) + Fosfobiol (500 cc/ha). Se medirán variables de crecimiento y rendimiento: Numero de tallos, altura de planta, numero de raíces tuberosas, rendimiento total por hectárea.

➤ **Implementación de aplicación edáfica de polímeros retenedores de agua en mezcla con micorrizas.**

HIDROKEEPER es un polímero de alta calidad y pureza diseñado específicamente para Agricultura. El compuesto es un copolímero reticular de acrilamida y acrilato de potasio usado para absorber y retener grandes cantidades de agua y nutrientes, es capaz de absorber hasta 350 veces su peso en agua, para mantener una reserva efectiva en todo tipo de cultivos en épocas de sequía.

Entre las ventajas que posee la implementación de este insumo se encuentran:

- ✓ Provee a las plantas en forma continua del agua indispensable para su crecimiento durante etapas de sequía.
- ✓ Facilita el desarrollo de la plantación en regiones secas o con mala distribución de las lluvias.
- ✓ Permite el cultivo de la tierra bajo condiciones extremas de clima y suelo.
- ✓ Reduce al menos un tercio la pérdida de nutrientes en el suelo.
- ✓ Incrementa las reservas de agua de los suelos durante 5 años.
- ✓ Mejora la ventilación de los suelos compactos.
- ✓ Protege el medio ambiente de la sequía, erosión, desertificación y contaminación del agua.

- ✓ Permite el mejor desarrollo de las raíces lo que producirá plantas más fuertes y saludables.
- ✓ Aumenta el porcentaje de germinación en germinadores.

Se realizó el tratamiento a un cultivo de yuca y uno de plátano, aplicando el producto hidratado durante la siembra, directamente a la estaca y el colino. La dosis utilizada fue de 140 cc por sitio para yuca, y 250 cc por sitio para plátano.

Se evaluará el comportamiento de ambos cultivos durante la época de verano, que se espera, inicie durante la segunda semana de diciembre.



➤ **Evaluación de una fuente de materia orgánica como acondicionador de suelos.**

En este caso, se evaluó el insumo Biofort, acondicionador de suelos proveniente del proceso de compostaje de alta calidad de material vegetal, desechos de industria de alimentos, entre otros. Además, cuenta con presencia de microorganismos solubilizadores de fosforo y fijadores de nitrógeno, que facilitan el aprovechamiento del fertilizante edáfico por parte de la planta.

Se realizo el tratamiento en un lote experimental de plátano, realizando tres tratamientos: 1 kg de Biofort; 600gr de Biofort + 100 gr de 13-26-10; 100 gr de 13-26-10 (Testigo)

Se medirán variables de desarrollo y crecimiento de la planta durante los primeros 6 meses.



Anexos.

Anexo 1. Análisis de suelo de lote experimental.

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO

No. de Laboratorio **68354**

Fecha de Recepción **20 07 2018**

Fecha de Resultado **14 08 2018**

F-LAB-71817
MHN

TEXTURA BOUYOUCOS

Arena - %
Limo - %
Arcilla - %

TEXTURA AL TACTO **F Ar A**

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA - dS/m
DENSIDAD APARENTE - g/cm³
CAP. INTERCAMBIO CATIONICO EFECTIVA 3,31856 meq/100g
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO - meq/100g

Arenoso	A
Arenoso Franco	A F
Franco Arenoso	F A
Franco	F
Franco Limoso	F L
Franco Arcilloso	F Ar
Franco Arcilloso Limoso	F Ar L
Franco Arcillo Arenoso	F Ar A
Arcilloso	Ar
Arcillo Arenoso	Ar A
Arcillo Limoso	Ar L

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	RANGO ADECUADO		INTERPRETACIÓN		
					RESULTADOS		
pH	4,91	-	-	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	2,22	%	-	-	-	-	-
NITROGENO (N)	0,11	%	0,25	0,50	BAJO		
FOSFORO(P)	6,09	ppm	20,00	30,00	BAJO		
POTASIO (K)	0,25	meq/100g	0,30	0,60	BAJO		
MAGNESIO (Mg)	0,32	meq/100g	1,20	1,80	BAJO		
CALCIO (Ca)	1,72	meq/100g	3,00	6,00	BAJO		
ALUMINIO (Al)	0,98	meq/100g	0,10	1,00	MEDIO		
SODIO (Na)	0,05	meq/100g	0,10	1,00	BAJO		
AZUFRE (S)	10,99	ppm	10,00	15,00	MEDIO		
HIERRO (Fe)	128,75	ppm	20,00	50,00	ALTO		
BORO (B)	0,77	ppm	0,30	0,60	ALTO		
COBRE (Cu)	1,42	ppm	2,00	4,00	BAJO		
MANGANESO (Mn)	49,63	ppm	10,00	15,00	ALTO		
ZINC (Zn)	1,89	ppm	3,00	6,00	BAJO		

RELACIONES CATIONICAS				
Ca/Mg	5,34	3,00	6,00	MEDIO
Ca/K	6,96	15,00	30,00	BAJO
Mg/K	1,30	10,00	15,00	BAJO
(Ca+Mg)/K	8,27	20,00	40,00	BAJO
% Sat. De Na	1,60	5,00	15,00	BAJO
% Sat. De K	7,44	2,00	3,00	ALTO
% Sat. De Ca	51,83	50,00	70,00	MEDIO
% Sat. De Mg	9,70	10,00	20,00	BAJO
% Sat. De Bases	70,57	35,00	50,00	ALTO
% Sat. De Aluminio	29,43	10,00	50,00	MEDIO

MÉTODOS ANALÍTICOS

Aluminio Intercambiable * Expresado en términos de acidez
Azufre
Boro
Bases de cambio
Capacidad de Intercambio catiónico
Conductividad Eléctrica
Fósforo disponible
Micronutrientes
Materia Orgánica
pH
Textura

Valoración ácido base, Método de Yuang (KC)
Turbidimétrico, extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M
Colorimétrico (Azometina H), extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M
Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio
Valoración ácido base, Extracción con acetato de amonio
Electrométrico, extracto de saturación
Colorimétrico, Bray II
Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio
Walkley Black
Potenciométrico, relación suelo:agua 1:1
Al Tacto o Bouyoucos según Solicitud



Apreciado Cliente: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con sesenta (60) días para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; AGROSOIL LAB asume la conformidad de los resultados del análisis.

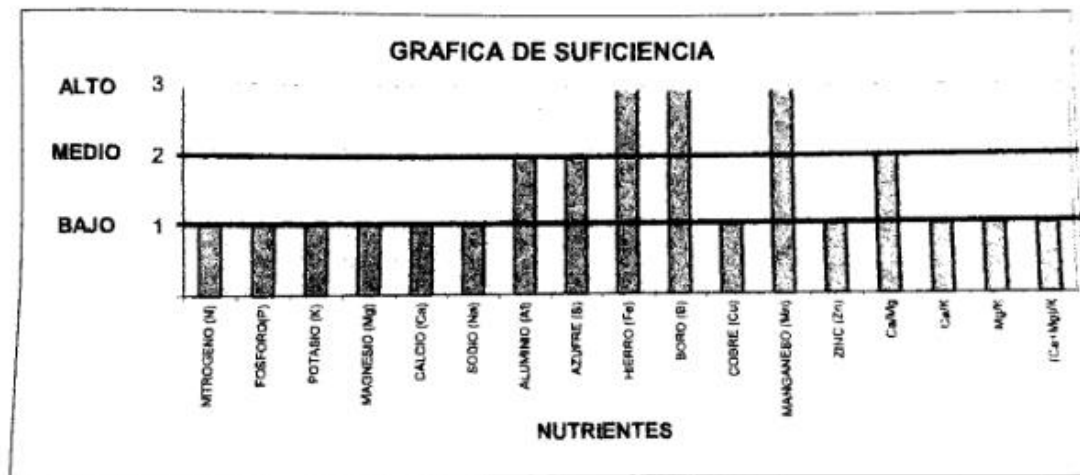
AURA MARCELA NIÑO R.
QUÍMICA PQ 2088 - LÍDER DE LABORATORIO

RESULTADO DE ANÁLISIS DE SUELO

No. de Laboratorio

FLAB-13977
MPOV

68354



MARTHA ROCIO HIGUERA V.

INGENIERO AGRÓNOMO 15208-203843 - ASESOR TÉCNICO




agrosoillab

con ciencia por el agro

Cra 49A No 94 - 11 Barrio la Castellana Tel: 62340009 - 62340004
laboratorio@agrosoil.com.co - www.agrosoil.com.co

Anexo 2. Formato de toma de datos.

 AGROLLANOS - AGRICOLA DEL LLANO LTDA. AREA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO FORMATO DE REGISTRO - TOMA DE DATOS											
ENSAYO:		Efecto de la variación en la densidad de siembra en el rendimiento de cultivo comercial de Yuca									
VARIABLE:		Numero de raíces tuberosas									
FECHA:		09/10/2018									
PROYECTO:		Progreso		REGISTRA:							
CODIGO:		Y35									
Tratamiento	No.	Valor	Tratamiento	No.	Valor	Tratamiento	No.	Valor	Tratamiento	No.	Valor
T0R1	1		T0R2	1		T0R3	1		T0R4	1	
	2			2			2			2	
	3			3			3			3	
	4			4			4			4	
	5			5			5			5	
	6			6			6			6	
	7			7			7			7	
	8			8			8			8	
	9			9			9			9	
	10			10			10			10	
T1R1	1		T1R2	1		T1R3	1		T1R4	1	
	2			2			2			2	
	3			3			3			3	
	4			4			4			4	
	5			5			5			5	
	6			6			6			6	
	7			7			7			7	
	8			8			8			8	
	9			9			9			9	
	10			10			10			10	
T2R1	1		T2R2	1		T2R3	1		T2R4	1	
	2			2			2			2	
	3			3			3			3	
	4			4			4			4	
	5			5			5			5	
	6			6			6			6	
	7			7			7			7	
	8			8			8			8	
	9			9			9			9	
	10			10			10			10	
T3R1	1		T3R2	1		T3R3	1		T3R4	1	
	2			2			2			2	
	3			3			3			3	
	4			4			4			4	
	5			5			5			5	
	6			6			6			6	
	7			7			7			7	
	8			8			8			8	
	9			9			9			9	
	10			10			10			10	