

EFFECTO DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DEL
CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DURANTE FASE VEGETATIVA
EN EL MUNICIPIO DE PAIME, CUNDINAMARCA.

John Eddier del Río Martínez.

Universidad de Cundinamarca
Facultad de ciencias agropecuarias
Ingeniería Agronómica
Fusagasugá
2017

EFFECTO DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DEL
CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DURANTE FASE VEGETATIVA
EN EL MUNICIPIO DE PAIME, CUNDINAMARCA.

John Eddier del Río Martínez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo

Asesor interno:

Karol Lizarazo Hernández
IA. M. Sc. Docente Universidad de Cundinamarca.

Asesor externo:

Martha Marina Bolaños Benavides
Investigador Ph.D. Corpoica

Universidad de Cundinamarca
Facultad de ciencias agropecuarias
Ingeniería Agronómica
Fusagasugá
2017

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Fusagasugá, 03 de noviembre de 2017.

DEDICATORIA

A mi Madre, MARIELA.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por las oportunidades presentadas, a mi familia por el apoyo y motivación constante, a todos los docentes que hicieron parte de este proceso de formación por transmitir sus conocimientos en especial a Karol Lizarazo por su tiempo invertido en este trabajo, a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) por darme la oportunidad de iniciar mi proceso profesional en especial a la Dra. Martha Marina Bolaños y demás compañeros.

Agradecimientos al proyecto Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA) Bogotá y Cundinamarca cuyos ejecutores son Universidad Nacional de Colombia, SENA, Gobernación de Cundinamarca, Alcaldía Mayor de Bogotá y Corpoica.

CONTENIDO

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
Objetivo general.	4
Objetivos específicos.....	4
MARCO REFERENCIAL.....	5
MATERIALES Y METODOS	11
UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS:	11
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS:.....	11
METODOLOGÍA:.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXOS	31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de variables evaluadas. del Río, 2016....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Tabla 2. Plan de fertilización química por tratamiento (kg/ha). del Río, 2017.</i>	12
Tabla 3. MANOVA de datos en peso seco de hojas. del Río, 2017.....	16
Tabla 4. HDS Test para datos de peso seco de hojas. del Río, 2017.....	17
Tabla 5. MANOVA de datos en peso seco de tallo. del Río, 2017.....	17
Tabla 6. HDS Test para datos de peso seco de tallo. del Río, 2017.....	17
Tabla 7. MANOVA de datos en peso seco de raíz. del Río, 2017.	17
Tabla 8. HDS Test para datos de peso seco de raíz. del Río, 2017.	17
Tabla 9. MANOVA de datos de diámetro de tallo. del Río, 2017.	19
Tabla 10. HDS Test para diámetro de tallo. del Río, 2017.....	20
Tabla 11. MANOVA de datos de altura de planta. del Río, 2017.....	20
Tabla 12. HDS Test para altura de planta. del Río, 2017.	20
Tabla 13. MANOVA de datos de hojas totales por planta. del Río, 2017.....	20
Tabla 14. HDS Test para hojas totales. del Río, 2017.....	21
Tabla 15. Capacitaciones llevadas a cabo en el municipio de Paimé. del Río. 2017	21

Tabla 16. Acompañamientos técnicos a productores en cultivo de yuca, llevados a cabo en el municipio de Paimé. del Río, 2017.22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de suelo finca El Triunfo, Paima (Cund.)	3
Figura 2. Inflorescencia y disposición de flores masculinas y femeninas en la planta de yuca (Manihot esculenta Crantz). IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006 ..	5
Figura 3. Estructuras de la hoja de la planta de yuca (Manihot esculenta Crantz). IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006.	6
Figura 4. Patrón de crecimiento del sistema radical a consecuencia del tipo de semilla para la planta de yuca (Manihot esculenta) A: Semilla B: Cangre o estaca. IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006.	7
Figura 5. Sistema radical de la planta de yuca (Manihot esculenta Crantz). IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006.....	7
Figura 6. Extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas cosechadas de varios cultivares de yuca (Manihot esculenta) modificado de CIAT, 1981.....	8
Figura 7. Extracción promedio de nutrimentos en yuca (Manihot esculenta) en cuanto a dos rendimientos. Modificado de CIAT, 2002.....	9
Figura 8. Rendimientos de diferentes cultivares de yuca sin fertilización y con fertilización. CIAT 2002.	9
Figura 9. Ubicación satelital de la parcela experimental donde se desarrolló el proyecto. Fuente: Google Earth. Modificado por: del Río, 2016.	11
Figura 10. Efecto de la fertilización en: A. Biomasa en hojas, B. Biomasa en tallos, C. Biomasa en raíz.	16
Figura 11. Efecto de la fertilización en: A. Diámetro del tallo, B. Altura de la planta, C. número de hojas. del Río, 2017.	19

Figura 12. Divulgación de resultados evaluación de tipos de fertilización. del Río,
2017.....25

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la finca El Triunfo ubicada en el municipio de Paimé (Cund.) a una altura de 1392 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 25°C. El desarrollo de la investigación tuvo como fin evaluar el efecto de dos tipos de fertilización en cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en etapa vegetativa en la variedad HCM1 (Armenia), se realizó un Diseño de Bloques Completos con tres tratamientos: TTO 0 Testigo, TTO 1 Fertilización Química y TTO 2 Fertilización Integrada, donde Testigo: sin fertilización, Fertilización Química: corresponde al 100% de la dosis recomendada según los análisis de suelos, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo, Fertilización Integrada: corresponde al uso de biofertilizantes con bacterias solubilizadoras de P, bacterias fijadoras de N y 50% de la dosis de fertilización química recomendada. Las variables de evaluación fueron peso seco en hojas, tallo, raíz y medidas alométricas altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo. Para la evaluación se usó un software estadístico. Como resultado se encontró diferencia significativa entre tratamientos para peso seco de hojas y peso seco de tallo. En peso seco de raíz, no se encuentra diferencia estadística entre tratamientos siendo TTO 2 el de mayor. En número de hojas, diámetro de tallo y altura de planta no se encontró diferencia entre tratamientos. Se capacitó a los productores del municipio en cuanto a selección y tratado de material de siembra, curvas a nivel y sembrado, fertilización y enmiendas, manejo de plagas y enfermedades. Se divulgaron los resultados de la investigación a los productores por medio de folletos como material de apoyo para futuras producciones.

Palabras claves: Fertilización, Biofertilizantes, Cultivo de yuca, Variedad HCM1.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the El Triunfo farm located in the municipality of Paima (Cund.) At a height of 1392 m.s.n.m. and an average temperature of 25 ° C. The purpose of the research was to evaluate the effect of two types of fertilization on cassava cultivation (*Manihot esculenta* Crantz) in the vegetative stage in the HCM1 variety (Armenia). A Design of Complete Blocks was carried out with three treatments: TTO 0 Control , TTO 1 Chemical Fertilization and TTO 2 Integrated Fertilization, where Control: without fertilization, Chemical Fertilization: corresponds to 100% of the recommended dose according to soil analysis, taking into account the nutritional requirements of the crop, Integrated Fertilization: corresponds to the use of biofertilizers with P solubilizing bacteria, N-fixing bacteria and 50% of the recommended chemical fertilization dose. The evaluation variables were dry weight in leaves, stem, root and allometric measures plant height, number of leaves and diameter of the stem. For the evaluation, statistical software was used. As a result, a significant difference was found between treatments for dry leaf weight and dry stem weight. In root dry weight, there is no statistical difference between treatments, with TTO 2 being the highest. In number of leaves, stem diameter and plant height, no difference was found between treatments. The producers of the municipality were trained in the selection and treatment of planting material, level curves and sowing, fertilization and amendments, pest and disease management. The results of the research were disseminated to the producers through brochures as support material for future productions.

Key words: Fertilization, Biofertilizers, Cassava cultivation, Variety HCM1

INTRODUCCIÓN

Esta investigación surgió como componente dentro del proyecto VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS DISPONIBLES PARA LOS CULTIVOS DE PLÁTANO Y YUCA, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PIPA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, derivado de CORREDOR TECNOLÓGICO AGROINDUSTRIAL (CTA) BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA, proyecto financiado con regalías del estado y cuyos actores son Universidad Nacional de Colombia, Corpoica y SENA, Alcaldía Mayor de Bogotá y Gobernación de Cundinamarca. Cumpliendo con las actividades del proyecto se desarrolló la fase de DIAGNOSTICO que arrojó como uno de sus resultados, el no uso de la práctica de fertilización en el cultivo de yuca por parte de los productores del municipio.

Se planteó un plan de fertilización integrada como estrategia tecnológica en el cultivo de yuca dentro de un paquete de prácticas agronómicas que permitirán al agricultor darle un mejor manejo a su cultivo, logrando mayor rendimiento e impacto en el mercado nacional, para esto se llevó a cabo la validación de tipos de fertilización en el cultivo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bajo el argumento de “mis tierras son buenas” los productores del municipio de Paima (Cund.) no realizan una práctica de fertilización para sus cultivos, lo cual se ve reflejado en la producción y bajos rendimientos.

Colombia ocupa el puesto No. 22 en la producción mundial de yuca con una producción total de 2.264.460 t. (FINAGRO, 2011); En África se planta aproximadamente el 60% del área mundial total, pero solo se cosecha el 50% de la producción mundial, Asia produce el 30% de la yuca del mundo, en un área que representa solo el 22% del total, lo que indica las altas productividades en ese continente, de hecho, India es el país de más altos rendimientos en el mundo 33.5 t/ha (FAOSTAT, 2010).

En Colombia se tiene un rendimiento promedio de 10,5 t/ha según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales, realizadas por el Ministerio de Agricultura bajo el programa Colombia Siembra en el 2014. Esta misma evaluación revela que Cundinamarca tiene un rendimiento de 12,6 t/ha estando por debajo de departamentos como Norte de Santander, Arauca, Caldas, Quindío, Valle del Cauca y Meta donde el manejo agronómico se ejerce con mayor disciplina.

JUSTIFICACIÓN

Cada día es más importante el manejo técnico de una fertilización, sabiendo que nos encontramos en zonas tropicales donde las altas precipitaciones y la topografía de terreno ayudan al lixiviado de las bases y nutrientes del suelo.

Un análisis de suelo realizado en los laboratorios de Corpoica muestra la disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo de la parcela donde se llevó a cabo este proyecto, denotando los niveles medios y bajos de los nutrientes K, Zn, P, S, Ca, Mg, B. (Figura 1.)

DETERMINACION ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR*	INTERPRETACIÓN*
pH		VC_R_004 versión 2	4,34	FUERTE A EXTREMADAMENTE ACIDO
Conductividad eléctrica	dS/m	NTC 5596:2008	0,67	NO SALINO
Materia orgánica (MO)	%	Walkey & Black	5,17	
Fósforo disponible (P) Bray II	mg/kg	NTC 5350:2005	18,57	BAJO
Azufre disponible (S)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	7,64	BAJO
Acidez intercambiable (Al+H)	cmol _c /kg	KCl	3,72	
Aluminio intercambiable (Al)	cmol _c /kg	KCl	3,24	RESTRICTIVO
Calcio intercambiable (Ca)	cmol _c /kg	NTC 5349:2008	1,21	BAJO
Magnesio Intercambiable (Mg)	cmol _c /kg	NTC 5349:2009	0,52	BAJO
Potasio intercambiable (K)	cmol _c /kg	NTC 5349:2010	0,30	MEDIO
Sodio intercambiable (Na)	cmol _c /kg	NTC 5349:2011	<0,10	BAJO
Capacidad de intercambio cationico (CICE)	cmol _c /kg	Suma de cationes	5,85	BAJO
Hierro disponible (Fe) Olsen	mg/kg	NTC 5526:2007	837,03	ALTO
Manganeso disponible (Mn) Olsen	mg/kg	NTC 5526:2007	12,42	ALTO
Zinc disponible (Zn) Olsen	mg/kg	NTC 5526:2007	1,97	MEDIO
Cobre disponible (Cu) Olsen	mg/kg	NTC 5526:2007	2,86	MEDIO
Boro disponible (B)	mg/kg	Fosfato monobasico de calcio	0,18	BAJO
SATURACION DE BASES				
Saturacion de Calcio	21%	Bajo		
Saturacion de Magnesio	9%	Bajo		
Saturacion de Potasio	5%	Alto		
Saturacion de Sodio	10%	Normal		
Saturacion de Aluminio	64%	Restrictivo		
RELACIONES IÓNICAS				
Relacion Ca/Mg	2,3			
Relacion (ca+Mg)/K	5,8			
Relacion Mg/K	1,8			
Relacion Ca/B	1374			

NIVEL DE LOS ELEMENTOS*

Elemento	Nivel
Mo	Bajo
P	Bajo
S	Bajo
Ca	Bajo
Mg	Bajo
K	Bajo
Fe	Alto
Mn	Alto
Zn	Medio
Cu	Medio
B	Bajo

OBSERVACIONES: * interpretación basada en: ICA, 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia N 25;

Figura 1. Análisis de suelo finca El Triunfo, Paima (Cund.)

Con este trabajo se buscó con una forma comparativa y demostrativa, concientizar a los productores de la zona, que si se realiza un manejo integrado de fertilización a sus cultivos de yuca, la producción y rendimientos aumentarían notablemente.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Evaluar el efecto de dos tipos de fertilización en el crecimiento durante fase vegetativa del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el municipio de Paima, Cundinamarca.

Objetivos específicos.

1. Evaluar efecto de la fertilización integrada en variables de crecimiento: Altura, número de hojas y diámetro de tallo.
2. Capacitar a los productores asociados al proyecto sobre el manejo integrado de la fertilización.
3. Brindar un acompañamiento técnico a los productores en sus cultivos.
4. Divulgar a los productores que tipo de fertilización fue la que presento mayor utilidad para ser acogida por ellos.

MARCO REFERENCIAL

La yuca es una raíz tuberosa originaria del trópico americano, que ha surgido de una relativa oscuridad en las últimas décadas para convertirse en la cuarta fuente más importante de energía alimentaria del mundo después del arroz, la caña de azúcar y el maíz. (DANE, 2016) Es un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de personas, ya que es una de las fuentes principales de carbohidratos en la dieta de los países en desarrollo. Es un alimento energético que suple por área más calorías que ninguna otra planta (Ortiz et al. 2000), entre sus principales características se destacan su gran potencial para la producción de almidón, su tolerancia a la sequía (Mejia et al. 1994) y a los suelos degradados y su gran flexibilidad en la plantación y la cosecha adaptándose a diferentes condiciones de crecimiento.

En la actualidad, los agricultores adoptan modernas técnicas para elevar su productividad y así aumentar su rentabilidad económica (González, 1999

La yuca pertenece al reino Vegetal, División Spermatophyta, Subdivisión Angiospermae y a la Clase Dicotyledoneae. Se encuentra ubicada en el Orden Euphorbiales, Familia Euphorbiaceae, Tribu Manihotae a la que pertenece el género Manihot (Suarez & Mederos, 2011).

La yuca es un arbusto perenne (IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006). Es monoica (flores unisexuales masculinas y femeninas en una misma planta), (Figura 2), de ramificación simpodial y con variaciones de altura entre 1 y 5 m. (Ospina, 2002).

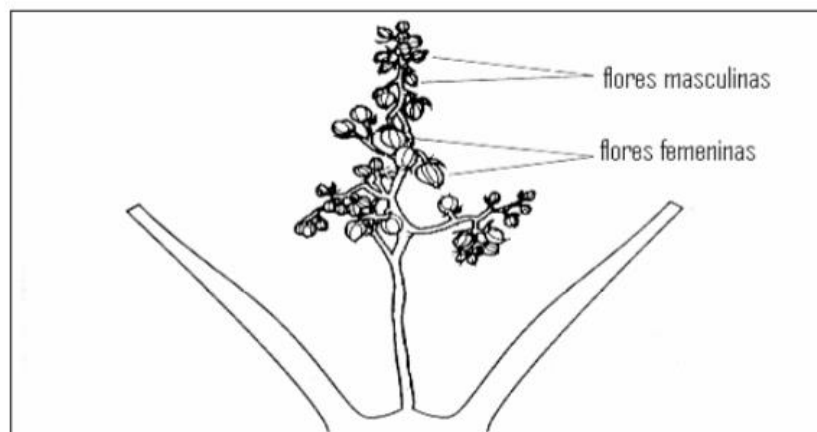


Figura 2. Inflorescencia y disposición de flores masculinas y femeninas en la planta de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006

Los tallos son de gran importancia en esta especie, ya que son la parte utilizada para la propagación vegetal o asexual. El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de 2 a 6 cm, se pueden observar tres colores básicos de tallo maduro: gris-

plateado, morado y amarillo verdoso. Tanto el color como el diámetro varía significativamente con la edad de la planta y obviamente con la variedad (Ospina, 2002).

Las hojas son caducas, simples, palmeadas y lobuladas, siendo sus lóbulos de forma lineal, en número de 3 a 9 lóbulos (Figura 3), el color de hojas desarrolladas puede ser desde violeta, verde oscuro a verde claro, son glabras, su pecíolo puede medir de 9 a 20 cm. de longitud (López, 2008)

El tamaño de las hojas está íntimamente relacionado a la edad del cultivo, ya que conforme pasa el tiempo, las hojas reducen su tamaño y por ende el área foliar. Además, hay gran relación en el tamaño de las hojas y épocas de sequía en donde se producen menos hojas y estas son más pequeñas, (CIAT 1981 y Mejía de Tafur et al., 1997).

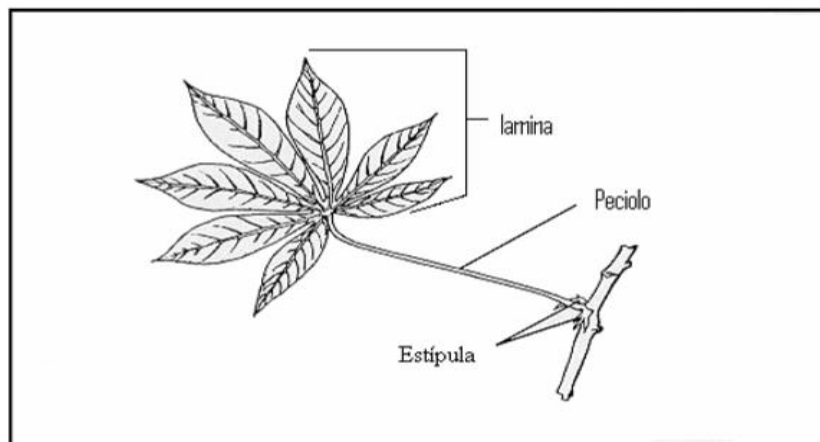


Figura 3. Estructuras de la hoja de la planta de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006.

El sistema radical de plantas provenientes de semilla sexual está constituido por una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden, si la planta proviene de estacas o cangres las raíces son adventicias (Figura 4).

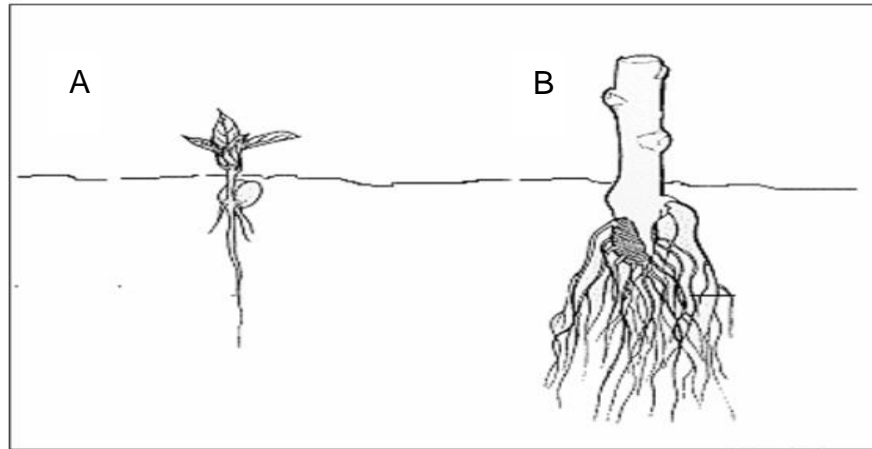


Figura 4. Patrón de crecimiento del sistema radical a consecuencia del tipo de semilla para la planta de yuca (*Manihot esculenta*) A: Semilla B: Cangre o estaca. IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006.

El sistema radical está constituido por raíces tuberosas de almacenamiento que acumulan almidón, pedunculadas o sésiles y raíces fibrosas de penetración profunda (Figura 5), la forma de las raíces puede ser cilíndrica, fusiforme o cónica o de formas intermedias, la textura de la epidermis puede ser lisa o rugosa, de color de café claro a café oscuro y con pulpa de color blanco a rosa (Ceballos y De la Cruz, 2002).

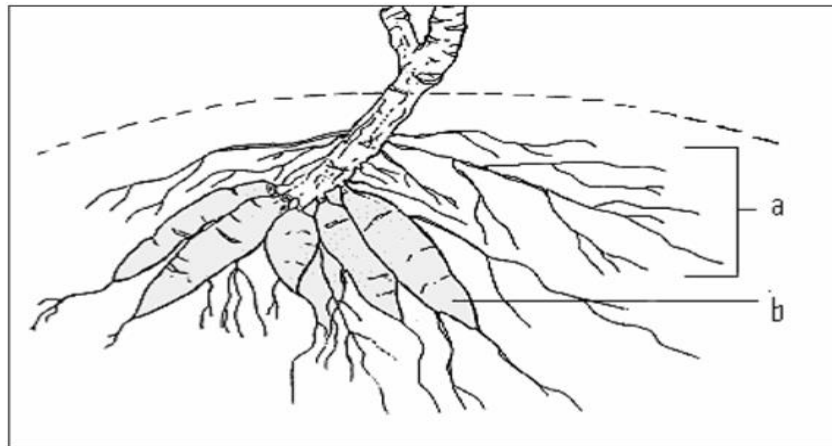


Figura 5. Sistema radical de la planta de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). IITA, 1999. Quirós y De Diego, 2006.

La yuca es una planta de aprovechamiento integral, ya que sus raíces y hojas son fuentes de carbohidratos y proteínas. Las raíces para los humanos sirve como alimento fresco, croquetas, harina y almidón; en animales son usadas como complemento en los concentrados para aves, cerdos y rumiantes; a nivel industrial se obtiene almidón, harina, alcohol carburante, goma, adhesivos y pegantes,

dextrina, glucosa, sorbitol, acetona, manufactura de explosivos, colorantes y floculante en minería. Por otra parte, las hojas y tallos tiernos y frescos ofrecen un alto valor nutritivo en la alimentación de los rumiantes, llegando a ofrecer entre el 20 y el 25% de proteína (Clayuca, 2012).

Es una planta rústica que se adapta a una amplia gama de condiciones agroambientales, dado que se siembra desde los 0 a los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm), en un rango de temperatura entre 20 y 30 °C y una temperatura óptima de 24 °C; humedad relativa de 50 a 90%, con un valor adecuado del 72%; precipitación de 600 a 3000 milímetros de lluvia anual, con un rango óptimo de 1000 a 1800 milímetros (FAO, 2007).

La yuca es un cultivo que tiene gran capacidad para extraer cantidades de nutrientes del suelo, en especial Nitrógeno y Potasio, siendo la yuca un cultivo de altas demandas nutricionales y altamente desgastador del suelo (Navarro, 1983).

Cadavid (2002), reafirma este concepto con diferentes cuadros, en los cuales muestra la extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas en varios cultivares de yuca (Figuras 6 y 7).

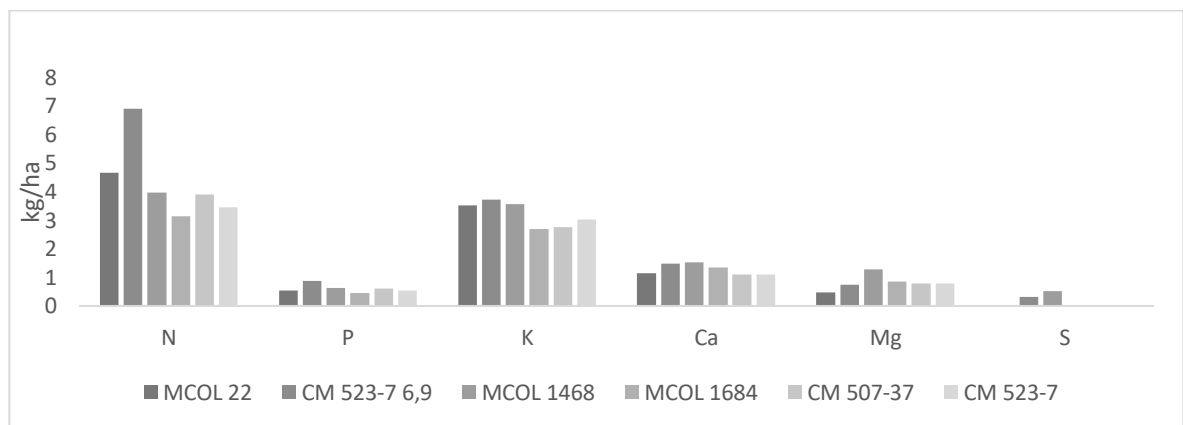


Figura 6. Extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas cosechadas de varios cultivares de yuca (*Manihot esculenta*) modificado de CIAT, 1981.

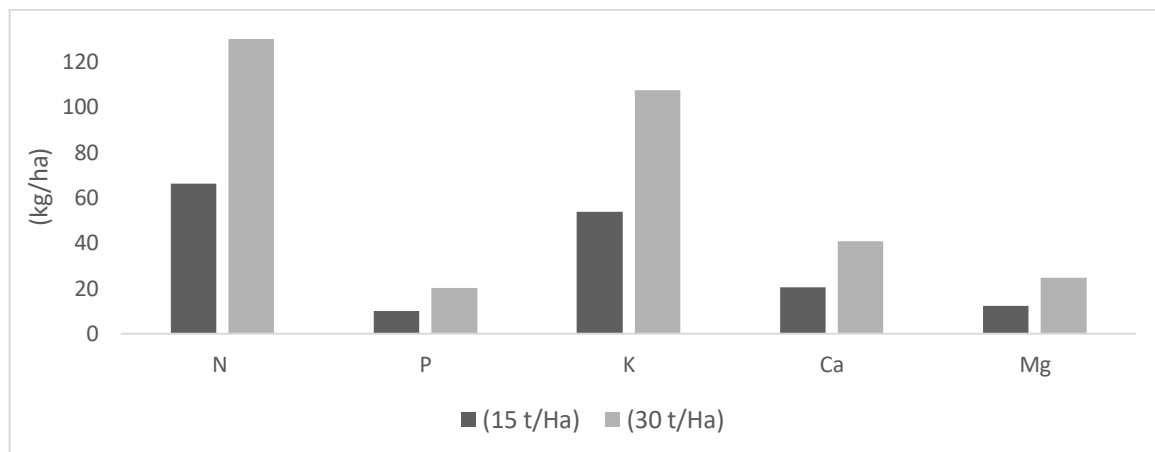


Figura 7. Extracción promedio de nutrimentos en yuca (*Manihot esculenta*) en cuanto a dos rendimientos. Modificado de CIAT, 2002.

En estudios realizados se ha demostrado que una fertilización adecuada aumenta los rendimientos en el cultivo de yuca de manera significativa, tal como lo muestra CIAT (2002). (Figura 8).

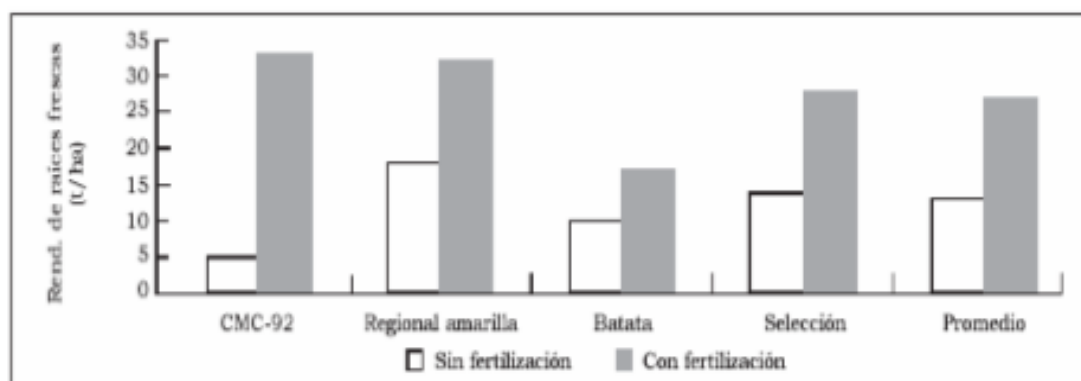


Figura 8. Rendimientos de diferentes cultivares de yuca sin fertilización y con fertilización. CIAT 2002.

Tal como indica Barbona (2010), la fertilización con nutrientes principales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, se efectúa cuando existe carencia de ellos en el suelo o cuando se quiere mantener el nivel de los nutrientes, que la planta extrae del suelo y se los elimina en cosecha, en el caso de la yuca, con las raíces.

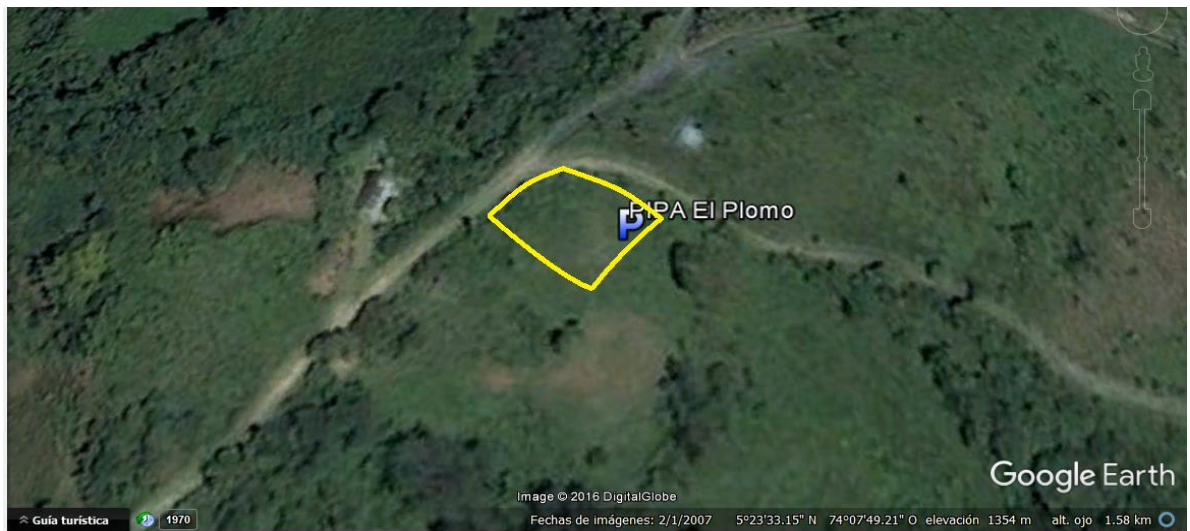
En yuca, el nitrógeno se debe aplicar siempre en el inicio de desarrollo del follaje de la planta, en banda cubierto por suelo, no más allá de los 40-60 días, para que sean bien aprovechados y no afecte el engrosamiento de raíces. El nitrógeno es el nutriente que más influye en el rendimiento de raíces y follaje, siguiéndole el potasio y luego el fósforo. (Barbona, S. 2010)

Existe una alta correlación entre el crecimiento y volumen de la masa verde con el rendimiento de raíces, aunque los índices de cosecha (peso raíz dividido peso de planta) sean menores. (Cenoz, P. et, al. 2000).

MATERIALES Y METODOS

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS:

El experimento se llevó a cabo en la finca El triunfo, ubicada en la vereda El Plomo del municipio de Paimé (Cund.), a una altura de 1392 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 25°C y cuya posición geográfica es latitud: 5°23'32" y longitud 74°07'47". (Figura 9)



*Figura 9. Ubicación satelital de la parcela experimental donde se desarrolló el proyecto.
Fuente: Google Earth. Modificado por: del Río, 2016.*

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS:

Para la fase de campo se contó con 1500 m² donde se llevó a cabo la siembra de 666 plantas de la variedad HCM1 a una distancia de 1,5 x 1,5 m, lo que equivale a una densidad de siembra de 4.444 plantas por hectárea. Para la fase de análisis se tuvieron a disposición los laboratorios de Corpoica, Centro de Investigación TIBAITATÁ, ubicado en el km 14 vía Mosquera (Cund.).

PERSONAL:

Las labores de campo fueron desarrolladas por el propietario de la finca, el señor Fortunato Suarez y sus colaboradores, el equipo técnico estuvo conformado por John del Río (Pasante), I.A. Felipe Castiblanco (Líder de PIPA), I.A. Elías Silva & I.A. William Cardona (coordinadores del proyecto CTA), bajo la supervisión de Martha Marina Bolaños, Investigador *Ph.D.* CORPOICA (Líder del proyecto).

METODOLOGÍA:

Evaluación de dos tipos de fertilización:

Se realizó un diseño de bloques completos (DBC), donde se tomaron 666 plantas con una densidad de siembra de 1.5 * 1.5 m. La variedad sobre la cual se evaluó los tipos de fertilización es HCM1 (Armenia). Los tratamientos son manejados con la fertilización propuesta en este proyecto y un tratamiento comparativo fue el testigo, el cual fue manejado de la forma convencional como lo hace el agricultor (sin fertilización) quedando de la siguiente manera:

- TTO 0: Testigo
- TTO 1: Fertilización Química
- TTO 2: Fertilización integrada

Donde:

- Testigo: sin fertilización.
- Fertilización Química: corresponde al 100% de la dosis recomendada según los análisis de suelos.
- Fertilización Integrada: corresponde al uso de biofertilizantes con bacterias solubilizadoras de P, bacterias fijadoras de N y 50% de la dosis de fertilización química recomendada.

Se realizaron dos fertilizaciones, el plan de fertilización se hizo basado al previo análisis de suelo. (Tabla 1) *Nutrientes expresados en kg/ha.

Tabla 1. Plan de fertilización química por tratamiento (kg/ha). del Río, 2017.

Tratamiento F. Química (330 m2)											
Nutriente*	N	P₂O₅	K₂O	CaO	MgO	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1er	77.35	27.90	75.20	35.06	23.80	9.11	0.35	0.07	0.35	0.88	0.70
2da	77.35	27.90	75.20	35.06	23.80	9.11	0.35	0.07	0.35	0.88	0.70
Total	154.70	55.81	150.40	70.12	47.60	18.22	0.70	0.14	0.70	1.76	1.41

Tratamiento F. Integrada (330 m2)											
Nutriente*	N	P₂O₅	K₂O	CaO	MgO	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1er	38.68	13.95	37.60	17.53	11.90	4.55	0.18	0.04	0.18	0.44	0.35
2da	38.68	13.95	37.60	17.53	11.90	4.55	0.18	0.04	0.18	0.44	0.35
Total	77.35	27.90	75.20	35.06	23.80	9.11	0.35	0.07	0.35	0.88	0.70

Para la toma de datos se marcaron 3 plantas por tratamiento y por bloque, a las cuales se midieron variables alométricas y de rendimiento (Tabla 2).

Tabla 2. Metodología de variables evaluadas. del Río, 2016.

VARIABLES	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	FECHA DE INICIO	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	EQUIPOS O ELEMENTOS DE MEDICIÓN
Brotación	Una sola vez	30 dds	Verificación visual de los brotes en cada sitio de siembra.	brotes	
Altura	Mensual	30 dds	Desde la base de la planta hasta el punto de crecimiento más alto en la inserción del peciolo de las hojas más joven totalmente desplegada.	cm	Flexómetro
# de hojas	Mensual	30 dds	Conteo de número de hojas desde la base hasta el ápice o punto de ramificación de cada tallo y rama.	hojas	
Diámetro de tallos	Mensual	30 dds	Medición del diámetro en el tercio medio de los tallos y ramas.	cm	Pie de rey
Biomasa	Mensual	60 dds	Determinar biomasa en fresco y en seco por cada órgano de la planta	g/planta	Balanza Horno de secado

“La Biomasa es una de las variables más importantes de un bioproceso ya que su determinación nos lleva a la comprensión de la eficiencia del mismo. Se trata de una variable clave para establecer las tasas de producción, de consumo de nutrientes y el cálculo de los balances de masa de cualquier proceso biológico” (Arnais et al., 2000).

Para determinar la biomasa se usó el método gravimétrico haciendo referencia a que la cantidad total de biomasa presente en una muestra y se mide en términos de peso seco por unidad (Arnais et al., 2000), en esta evaluación se usa la medida gMS/planta.

La evaluación estadística se realizó con el software RStudio®.

Capacitación a productores asociados:

Para las capacitaciones a los productores se usó una metodología la cual es aplicada por el Departamento de Tránsito de Tecnología de Corpoica guiada por modelos de gestión del conocimiento “aprender-haciendo” donde se desarrollan tecnologías al alcance de los productores.

Según lo descrito por Rodríguez & Ramírez (2014) en su artículo “APRENDER HACIENDO - INVESTIGAR REFLEXIONANDO”, la metodología de aprendizaje “aprender-haciendo”, proviene de la corriente constructivista que tiene su fondo en el aprendizaje en contra de los enfoques fundamentados en la enseñanza. Así, esta metodología pedagógica se aleja de las técnicas didácticas basada en la recordación o memorización y se acerca a las técnicas del saber haciendo (Moerbeke, 1982, Wompner, 2007). Aprender haciendo no es un concepto novedoso, pues desde Aristóteles se cita que “Lo que tenemos que aprender a hacer, lo aprendemos haciendo”, ya que de hecho siempre aprendimos haciendo desde nuestros padres, profesores, amigos, el mismo entorno, entre otros factores.

La metodología de aprender haciendo fue en Europa el método clásico de la formación vocacional desde la Edad Media, que inicia con la relación organizacional entre enseñanza-aprendizaje, es decir, la relación entre los expertos y sus discípulos (Guenter, 1994, Jonassen, 1993). A lo largo de la historia se ha venido aplicando este método de aprendizaje tal como lo dijo Putnam (1992) al indicar que “las teorías, experiencias y cualquier aprendizaje tienen valor, si son aplicables a la vida real y en definitiva, si son prácticas”

Las capacitaciones fueron tratadas en dos partes, una parte introductoria o teórica y otra parte práctica, donde la teórica fue de menor intensidad horaria y se hizo énfasis en la parte práctica. Estas capacitaciones se llevaron a cabo en la finca El triunfo, vereda El plomo.

Acompañamiento técnico a productores:

Se realizaron visitas periódicas a las propiedades de los productores con el fin de prestar un acompañamiento técnico en el cual se les guió sobre los temas abordados en las capacitaciones y labores agronómicas dependiendo de la etapa fenológica de su cultivo y el estado fitosanitario del mismo.

Divulgación de resultados de fertilización:

Para la divulgación de resultados se realizó una reunión en la finca El Triunfo, vereda El Plomo, donde se llevó a cabo el experimento. Se les entregó a los productores un folleto con la información de los resultados de esta evaluación.

Se usó el folleto como medio de divulgación ya que, los folletos son un medio de promoción excelente para cualquier empresa, pues brindan información clave sobre un tema, la representan desde sus componentes gráficos y se establece una relación directa entre la institución y el público. (Islas, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de dos tipos de fertilización:

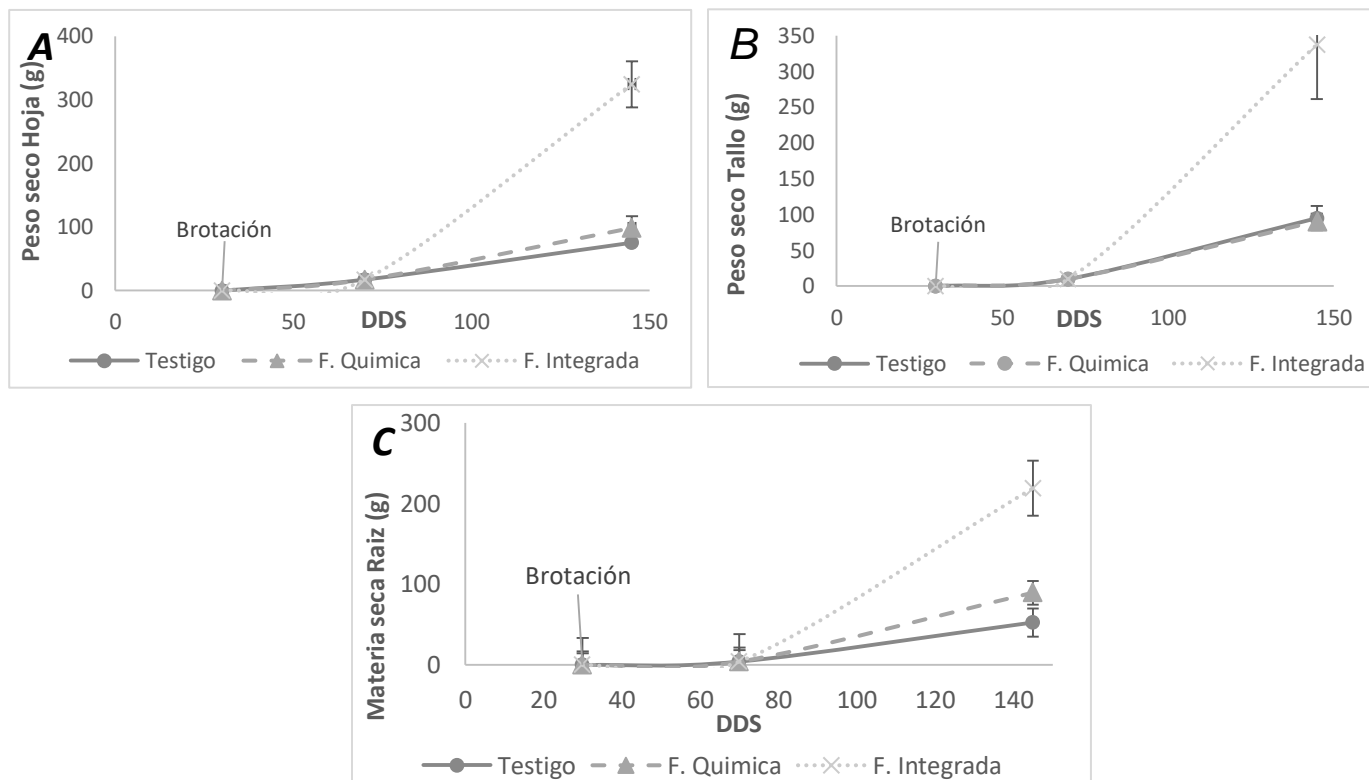


Figura 10. Efecto de la fertilización en: A. Biomasa en hojas, B. Biomasa en tallos, C. Biomasa en raíz.

En la Figura 10 se muestran los resultados gráficamente de los datos de crecimiento a lo largo del tiempo desde el momento de brotación (30 DDS) hasta completar la etapa de tuberización (140 DDS), muestran diferencia significativa estadísticamente entre tratamientos por órganos de la planta. (Tablas 3, 5 y 7).

Los análisis de varianza multivariados muestran diferencia significativa en la variable días después de siembra (DDS) lo cual indica que las variables registradas efectivamente están reportando el crecimiento de las plantas a través del tiempo y que la variabilidad está explicada mayormente por los tratamientos aplicados (TTO), para este caso los tipos de fertilización.

Tabla 3. MANOVA de datos en peso seco de hojas. del Río, 2017.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
--	----	--------	---------	---------	--------

factor(DDS)	2	505050	252525	11.761	0.000541	***
factor(TTO)	2	202908	101454	4.725	0.022417	*
factor(BLOQUE)	2	12727	6364	0.296	0.747069	
Residuals	18	386491	21472			

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 4. HDS Test para datos de peso seco de hojas. del Río, 2017.

	HOJAS	groups
F. Integrada	308.0813	a
F. Química	120.6078	b
Testigo	107.3663	b

Tabla 5. MANOVA de datos en peso seco de tallo. del Río, 2017.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
factor(DDS)	2	264416	132208	22.76	1.18E-05	***
factor(TTO)	2	47897	23948	4.123	0.0336	*
factor(BLOQUE)	2	1171	586	0.101	0.9046	
Residuals	18	104559	5809			

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 6. HDS Test para datos de peso seco de tallo. del Río, 2017.

	TALLO	groups
F. Integrada	198.57613	a
Testigo	127.38	ab
F. Química	96.69978	b

Tabla 7. MANOVA de datos en peso seco de raíz. del Río, 2017.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
factor(DDS)	2	477317	238658	39.438	2.64E-07	***
factor(TTO)	2	33233	16616	2.746	0.091	.
factor(BLOQUE)	2	15165	7583	1.253	0.309	
Residuals	18	108926	6051			

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 8. HDS Test para datos de peso seco de raíz. del Río, 2017.

	RAIZ	groups
F. Integrada	196.7963	a
Testigo	158.18	a
F. Química	104.8598	a

Se evidenció en las tres graficas A, B y C (Figura 10) que el tratamiento con fertilización integrada superó los rendimientos de Biomasa con respecto al tratamiento con fertilización química y el tratamiento Testigo correspondientes a diferentes órganos de la planta.

No hubo diferencia significativa en el peso seco de hojas entre las plantas con fertilización química y las plantas testigo (sin fertilización), pero si hubo diferencia significativa entre éstas y el peso seco de las hojas de las plantas sometidas a fertilización integrada (Tabla 4).

Para peso seco del tallo la estadística arrojó diferencia significativa entre las plantas con fertilización integrada y las plantas con fertilización química, siendo las plantas sometidas a una fertilización integrada las de mayor valor, llegando a superar el doble a las plantas bajo fertilización química.

En cuanto a peso seco de la raíz no hay diferencia significativa entre tratamientos pero cabe resaltar que el de mayor valor es el tratamiento cuyas plantas están sometidas a una fertilización integrada.

En el cultivo de la yuca el órgano a interés u órgano a cosechar es la raíz tuberosa, por tanto para esta evaluación se recalca el aumento en rendimiento al manejar una fertilización integrada. Se estaría hablando de un aproximado de 1.400 kg de Materia Seca (MS) de raíz en una hectárea con una densidad de siembra de 6600 plantas a tan solo 140 días después de siembra teniendo en cuenta que el cultivo se encuentra en la fase de tuberización, la cual inicia desde los 30 a 45 días hasta el cuarto mes después de siembra y se destaca por la formación de raíces de reserva. Es una fase de gran relevancia porque aquí se determina cuántas raíces tuberosas tendrá el cultivo y cuántas entran a la fase de engrosamiento, es importante resaltar que desde la fase de tuberización las raíces comienzan a acumular materia seca (MS) y almidón (productos de la fotosíntesis), pero es en la siguiente fase donde se desarrolla este potencial. (Aristizabal et al. 2015).

Las plantas que están bajo una fertilización integrada presentan mayor valor en las variables. Esto puede ser debido a la aplicación de bacterias solubilizadoras de P ya que se ha reportado en bibliografía que el uso de Biofertilizantes como bacterias

fijadoras de N y bacterias solubilizadoras de P aumenta los rendimientos en MS tal como Bonilla (2005) que desarrolló alternativas de fertilización en especies forrajeras mediante cepas de *Burkholderia cepacia* solubilizadoras de fosfatos, con impactos en el tiempo de germinación de las semillas e incrementos en la producción de materia seca de plantas de igua (*Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms), trupillo (*Prosopis juliflora* (SW) D.C) y acacia (*Caesalpinia peltophoroides benth*).

En la Figura 11 se muestran los resultados gráficamente de los datos de crecimiento de las plantas sometidas a los tipos de fertilización a lo largo del tiempo desde el momento de brotación (30 DDS) hasta completar la etapa de tuberización (140 DDS).

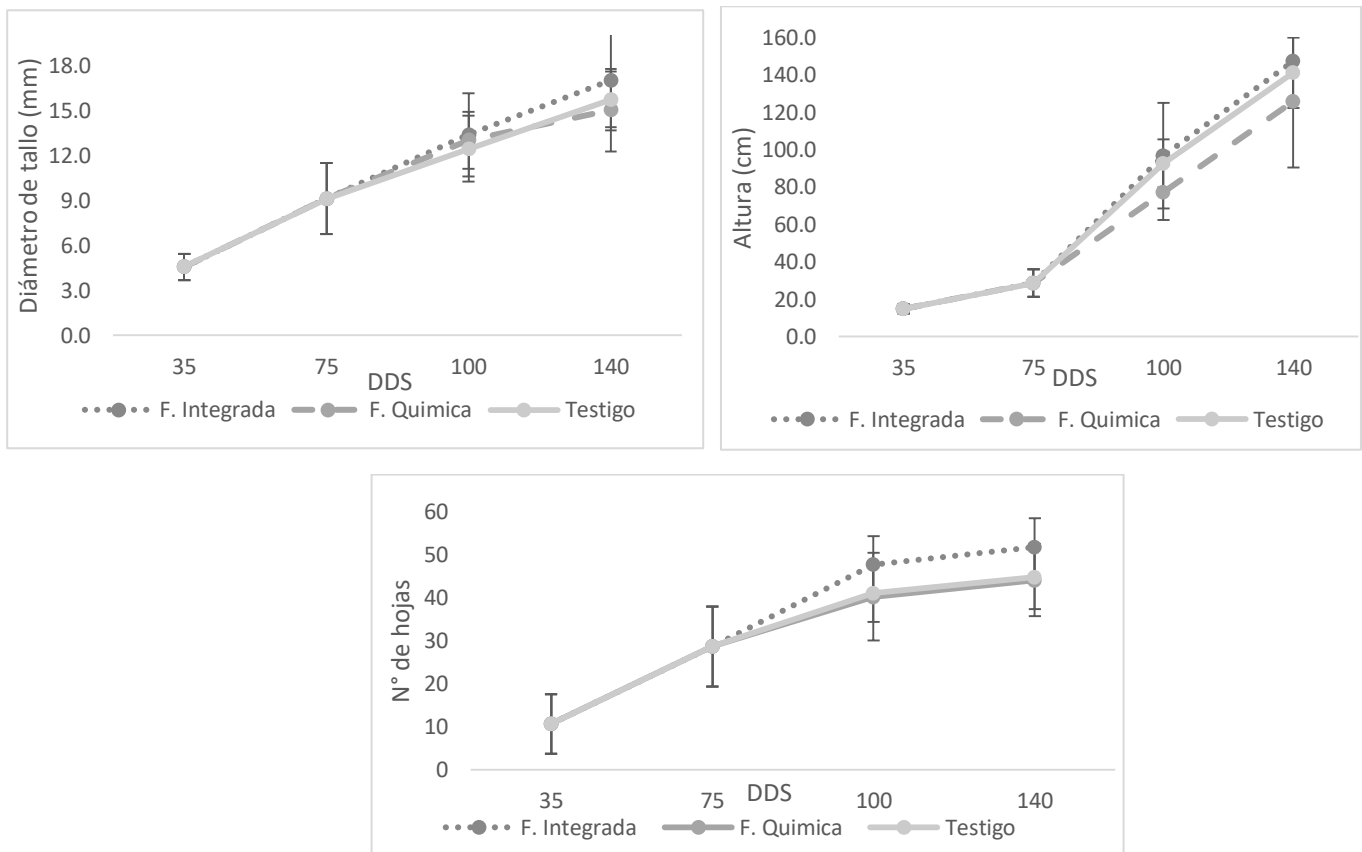


Figura 11. Efecto de la fertilización en: A. Diámetro del tallo, B. Altura de la planta, C. número de hojas. del Río, 2017.

Tabla 9. MANOVA de datos de diámetro de tallo. del Río, 2017.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
factor(dds)	3	8.368	2.7892	168.42	<2e-16 ***

factor(Tratamiento)	2	0.015	0.0075	0.45	0.639
Dds:Tratamiento	6	0.031	0.0051	0.31	0.93
Residuals	96	1.59	0.0166		

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 10. HDS Test para diámetro de tallo. del Río, 2017..

	Diámetro del tallo	groups
F. Integrada	2.023	a
Testigo	1.999	a
F. Química	1.998	a

Tabla 11. MANOVA de datos de altura de planta. del Río, 2017

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
factor(dds)	3	269705	89902	323.9898	< 2e-16
factor(Tratamiento)	2	1483	742	2.6731	0.07417
Dds:Tratamiento	6	1564	261	0.9395	0.4706
Residuals	96	26638	277		

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 12. HDS Test para altura de planta. del Río, 2017.

	Altura planta	groups
F. Integrada	1.102	a
Testigo	1.102	a
F. Química	1.1	a

Tabla 13. MANOVA de datos de hojas totales por planta. del Río, 2017

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
factor(dds)	3	21851.7	7283.9	114.6317	< 2e-16
factor(Tratamiento)	2	315.7	157.8	2.4841	0.08875
Dds:Tratamiento	6	315.9	52.7	0.8287	0.55055
Residuals	96	6100	63.5		

Signif. codes: 0 '*' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 14. HDS Test para hojas totales. del Río, 2017.

	Hojas	groups
F. Integrada	16.03	a
Testigo	14.82	a
F. Química	14.67	a



No se observa diferencia significativa para las variables diámetro de tallo, altura de planta y numero de hojas en cuanto a tratamientos es decir tipos de fertilización.

Los datos arrojan diferencia significativa para el factor días después de siembra lo cual indica el crecimiento de las plantas a lo largo del tiempo.

Capacitación a productores asociados:

Se obtuvo como resultado cuatro talleres de capacitación realizados a los productores de yuca en el municipio de Paima, donde se trataron los temas: Selección de semilla, trazado de curvas a nivel, siembra, fertilización, enmiendas y manejo de plagas. (Tabla 15).

Tabla 15. Capacitaciones llevadas a cabo en el municipio de Paima. del Río. 2017

Fecha	Municipio	Tema	Verificable
11/10/2016	Paima	Selección de material de siembra	
25/11/2016	Paima	Manejo de plagas	

14/12/2016	Paime	Trazado de curvas a nivel y siembra	
19/05/2017	Paime	Fertilización, enmiendas.	

Acompañamiento técnico a productores:

Se realizó acampamiento técnico a los productores del municipio de Paime (Cund.) logrando así impactar las veredas: Silvia, El Palmar, Tau Tao, El Plomo, Santa Teresa, Tonuncha, Atucha, La Iranda, Combuco y San Luis.

Estas visitas sirvieron para poner en práctica los temas abordados en las capacitaciones, dando soluciones a sus inquietudes y un direccionamiento personalizado al proceso de producción del cultivo de yuca de cada agricultor.

Tabla 16. Acompañamientos técnicos a productores en cultivo de yuca, llevados a cabo en el municipio de Paime. del Río, 2017.

Fecha	Vereda	Finca	Productor
01/12/2016	Silvia		William cepeda
01/12/2016	Silvia	Santa Lucia	Pedro Nel Cárdenas
01/12/2016	El Palmar	Hda. El Palmar	Néstor Pachón
02/12/2016	El Palmar	San Agustín	Cesar Moreno
02/12/2016	El Palmar	Santa Lucia	Rosalba Morales
02/12/2016	Tau tao	San Luis	José Manuel Roa
02/12/2016	El Palmar	Santa Lucia	Pedro Pablo Pachón

09/12/2016	El Plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
10/12/2016	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
11/12/2016	El Plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
12/12/2016	El Plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
20/12/2016	El Palmar	San Agustín	Cesar Augusto Moreno
20/12/2016	El Palmar	San Miguel	Emilse Bello
21/12/2016	Tautao	La Siria	Celimo Álvarez
21/12/2016	El Palmar	Las Brisas	Pablo Emilio Bermeo
22/12/2016	Santa Teresa	El Silencio	Rosa Malaver
22/12/2016	El Palmar	Hda. El Palmar	Néstor Pachón
22/12/2016	El Palmar	El Mirador	Modesto Tocanchon
26/12/2016	Tau Tao		Dora Luz Álvarez
26/12/2016	Tau Tao	Buenos Aires	José Duran Roa
27/12/2016	Silvia	Santa Lucia	Pedro Nel Cárdenas
27/12/2016	Silvia		William cepeda
28/12/2016	Tonuncha	Los Naranjos	Fabián Rodríguez
28/12/2016	Tonuncha	Buena Vista	Ovidio Bustos
03/01/2017	La Irlanda	El Mirador	Rafael Riscanevo
04/01/2017	El Palmar	San Agustín	Cesar Augusto Moreno
04/01/2017	El Palmar	San Miguel	Emilse Bello
04/01/2017	El Palmar	Hda. San Roque	Néstor Pachón
04/01/2017	El Palmar	El Plamar	Modesto Tocanchon
05/01/2017	Tau tao	La Siria	Celimo Álvarez
05/01/2017	Tau tao		Dora Luz Álvarez
05/01/2017	Tau tao	Buenos Aires	José Duran Roa
06/01/2017	Silvia	Santa Lucia	Pedro Nel cárdenas
06/01/2017	Silvia		William cepeda
12/01/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
13/01/2017	El Plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
16/01/2017	Tonuncha	Los Naranjos	Fabián Rodríguez
16/01/2017	Tonuncha	Buena Vista	Ovidio Bustos
17/01/2017	Atucha	El orcanal	Luis Alberto Osorio
17/01/2017	Atucha	Buenos Aires	Serafín Buitrago
17/01/2017	Atucha	El Guaque	Jairo Buitrago
18/01/2017	El Palmar	El fical	Magola García
18/01/2017	El Palmar	Santa Lucia	Rosalba Morales
19/01/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
19/01/2017	El Plomo	El triunfo	Fortunato Suarez

20/01/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
24/01/2017	Santa Teresa	Ojo de Agua	Helmer Gómez
25/01/2017	La Irlanda	El Higueron	Homaira Gacha
25/01/2017	La Irlanda	El Mirador	Rafael Riscanevo
01/02/2017	La Irlanda	Las Brisas	Pablo Bermeo
10/02/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
11/02/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
22/02/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
23/02/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
24/02/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
03/03/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
07/03/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
08/03/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
16/03/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
22/03/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
23/03/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
29/03/2017	El plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
03/04/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
04/04/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
08/04/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
17/04/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
18/04/2017	Santa Teresa	El Silencio	Rosa Malaver
18/04/2017	El Palmar	San Agustín	Cesar Moreno
19/04/2017	El Plomo	El triunfo	Fortunato Suarez
19/04/2017	San Luis	El Horizonte	Reina Rodríguez
19/04/2017	San Luis	El Pomaroso	Gonzalo Molina
20/04/2017	El Plomo	El Triunfo	Fortunato Suarez
12/05/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
15/05/2017	Tau Tao	H. Villa Claudia	Carlos Forero
15/05/2017	Silvia	Santa Lucia	Pedro Nel cárdenas
16/05/2017	El Palmar	Santa Lucia	Pablo Pachón
16/05/2017	El Palmar	Santa Lucia	Rosalba Morales
16/05/2017	El Palmar	San Miguel	Emilse Bello
17/05/2017	El Plomo	El Triunfo	Fortunato Suarez
17/05/2017	San Luis	El Porvenir	Martha Castañeda
17/05/2017	Combuco	Monsserrate	Víctor Barajas
17/05/2017	Mincha	Santa Rosa	Héctor Segura

18/05/2017	Santa Teresa	Balboa	Nelson Bolaños
19/05/2017	El Plomo	El Triunfo	Fortunato Suarez
24/05/2017	El Plomo	El Triunfo	Fortunato Suarez
25/05/2017	El Plomo	El Triunfo	Fortunato Suarez
26/05/2017	El Plomo	El Triunfo	Fortunato Suarez

Divulgación de resultados de fertilización:

Los resultados de este experimento se dieron a conocer a los productores del municipio de Paima (Cund.) a travez de un taller, llevado a cabo en la Plaza de Mercado Municipal. Allí son expuestos los parametros del experimento y los resultados conseguidos. (Figura 12). Se les hizo entrega de un folleto con la información a cada uno de los productores. (Anexo 12)



Figura 12. Divulgación de resultados evaluación de tipos de fertilización. del Río, 2017.

CONCLUSIONES

Las plantas sometidas a una fertilización integrada (TTO 2) logran un mayor peso seco en sus órganos, hojas, tallo y raíz en comparación a las plantas sometidas a una fertilización química (TTO 1) o no fertilización (TTO 0).

No se encuentra diferencia entre las plantas sometidas a una fertilización (TTO 1 Y TTO 2) y las no fertilizadas (TTO 0) en cuanto a medidas alométricas se trata (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo) en fase vegetativa.

Se capacitó a los productores de yuca del municipio de Paimé (Cund.) referente a manejo agronómico del cultivo, haciendo énfasis en las prácticas de fertilización, manejo de plagas y selección de materia de siembra.

En el acompañamiento técnico se verificó que los productores pusieron en práctica las técnicas enseñadas en los talleres de capacitación y uno de los temas que más llamó su atención fue la fertilización ya que no se acostumbraba a aplicarse y empezaron a apropiarse de esta práctica.

RECOMENDACIONES

Se sugiere ampliar la investigación en las diferentes etapas fenológicas del cultivo hasta llegar a punto de cosecha.

Teniendo en cuenta la comercialización del producto, se recomienda ejecutar la investigación tomando como variable rendimiento en fresco de raíces.

Se aconseja el uso de biofertilizantes en cultivos de yuca destinados a la producción de material vegetal de propagación y como forraje de alimentación bovina.

Observando los resultados, se extiende la invitación a realizar la investigación en diferentes zonas ya que las características agroecológicas son un factor influyente en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Se recomienda realizar un análisis de suelo y con base en este programar un plan de fertilización de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E. 1999. Guía del Cultivo de yuca (*Manihot esculenta*). San José, CR, M.A.G. s.p
- Aristizabal J. y Calle F. Producción, procesamiento, usos y comercialización de mandioca. Cuadernillo tecnológico N° 22. 2015
- Arnáiz, C. Isac, L. y Lebrato J. Determinación de la biomasa en procesos biológicos. Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Sevilla. Artículo técnico. 2000.
- Barbona S. 2010. Fertilización del cultivo de Mandioca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 307p
- Cadavid, LF. 2002. Fertilización del cultivo de yuca. Cali, CO, CIAT. In. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, CO, CIAT. p. 76-103
- Ceballos Hernán y De la cruz Gabriel 2002. En: La yuca en el tercer milenio, Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Cap. 2, Pag. 16-32.
- Cenoz, P. Lopez, A. Burgos, A. (2000) Efecto de los macro nutrientes en el desarrollo y rendimiento de Mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Universidad Nacional del Nordeste. Sgto. Cabral 2131 - (3400) Corrientes – Argentina.
- CIAT (Centro de Investigación de Agricultura Tropical, CO). 1981. Informe programa de yuca. Cali, CO. 268p
- CIAT, 2002. Guía práctica para el manejo de las enfermedades, las plagas y as deficiencias nutricionales de la yuca. Cali, Colombia. 120p

CLAYUCA. 2012. Asistencia técnica- Proyecto de yuca. Fundación promotora del canal del dique [en línea]. Disponible en <http://www.fundacionpromotoradelcanaldeldique.org>

Colombia Siembra, 2014. Evaluaciones agropecuarias municipales. [en línea] disponible en www.agronet.gov.co

FAOSTAT, 2010. Producción mundial de yuca. [en línea] revisado en www.fao.org/faostat/en/

FAO, 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín N° 163. Servicio agrícolas de la FAO.

Google Earth (2016). DigitalGlobe®

Guenther, L.H. 2012. “Co-evaluación de experiencias basadas”. En: Aprender haciendo y realimentación desde aprender haciendo hasta el aprendizaje activo. Universidad earth, Costa Rica.

Howeler, RH. 1981. Nutrición Mineral y Fertilización de la Yuca. Cali, CO, CIAT. 55 p.

IITA. 1999. (International Institute of Tropical Agriculture, ZA) s.f. The cassava plant. (en línea). Sub-Saharan, ZA. Consultada octubre de 2017. Disponible en http://www.iita.org/info/trn_mat/irg55/irg551.html

Islas, O. 2014. El folleto como medio de comunicación impresa. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo

López, D. 2008. Establecimiento de una metodología para la evaluación agromorfológica, bioquímica y molecular de clones transgénicos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sembrados en campo: El caso de plantas que expresan el gen *ipt* de *Agrobacterium tumefaciens* para retención foliar. Universidad Nacional de Colombia.

Moerbeke, G. 1982. Metafísica. Trad. de Valentín García Yebra, Metafísica de Aristóteles, Edición trilingüe, Madrid, Gredos.

Mejía, S., L. Cadavid, y M. El. Sharkawy. 1994. Respuesta de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) al déficit de agua y fertilización. Suelos Ecuatoriales 24:23–26.

Navarro, F. 1983. La yuca. San José, CR, MINAE. 30p

Ortiz, C., Corrales, I., Yero, L. Santiesteban, R. y Travieso, M. 2000. Efecto de la fertilización con NPK en el rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) cultivada en un fluvisol. Revista Electrónica Granma Ciencia. Vol. 4, No. 3, Septiembre-Diciembre

Putnam, H & Ruth A. 1992. “William James’s Ideas”, Realism with and Human Face, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Quirós, B. & de Diego, G.E. 2006. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN YUCA (*Manihot esculenta*) EN EL TANQUE DE LA FORTUNA, SAN CARLOS, ALAJUELA. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

Rodríguez, A. & Ramírez, L. 2014. Aprender haciendo-investigar reflexionando: Caso de estudio paralelo en Colombia y Chile. Revista Academia y Virtualidad, 7, (2), 53-63p.

RStudio, Copyright 2016 RStudio®. Disponible en www.rstudio.com

Suarez, L. & Mederos, V. 2011. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. Cultivos tropicales vol. 32 no. 3.

Wompner, F. & Montt, F. 2007. "Aprender a aprender. Un método valioso para la educación superior". Observatorio de la Economía Latinoamericana 72. Texto completo en www.eumed.net/coursecon/ecolat/cl/

ANEXOS

Anexo 1. MANOVA GENERAL para datos alométricos.

```
> mod <- manova(cbind(l_t, d_t, a_p, h_t)~Dds + Tratamiento+Dds*
Tratamiento,data=yc)
> summary(mod)
```

	Df	Pillai	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)	
Dds	3	1.55689	25.6226	12	285	< 2e-16	***
Tratamiento	2	0.17619	2.2702	8	188	0.02434	*
Dds:Tratamiento	6	0.20130	0.8479	24	384	0.67439	
Residuals	96						

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 2. MANOVA por variable alométrica.

```
> summary.aov(mod)
```

```
Response l_t :
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	3	43639	14546.2	41.2908	<2e-16	***
Tratamiento	2	1595	797.5	2.2639	0.1095	
Dds:Tratamiento	6	1766	294.4	0.8357	0.5453	
Residuals	96	33820	352.3			

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Response d_t :
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	3	1957.96	652.65	136.4701	<2e-16	***
Tratamiento	2	7.88	3.94	0.8238	0.4418	
Dds:Tratamiento	6	14.47	2.41	0.5044	0.8037	
Residuals	96	459.11	4.78			

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Response a_p :
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	3	269705	89902	323.9898	< 2e-16	***
Tratamiento	2	1483	742	2.6731	0.07417	.
Dds:Tratamiento	6	1564	261	0.9395	0.47060	
Residuals	96	26638	277			

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Response h_t :
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	3	21851.7	7283.9	114.6317	< 2e-16	***
Tratamiento	2	315.7	157.8	2.4841	0.08875	.
Dds:Tratamiento	6	315.9	52.7	0.8287	0.55055	
Residuals	96	6100.0	63.5			

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Anexo 3. Modelo estadístico para datos de longitud de tallo.

```
> model1 <- aov(l_t~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento, data=yc)
> res1=residuals(model1)
> lillie.test(res1)
```

PRUEBAS DE NORMALIDAD

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res1
D = 0.2146, p-value = 2.464e-13
```

```
> shapiro.test(res1)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: res1
W = 0.89291, p-value = 2.885e-07
```

```
> ad.test(res1)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res1
A = 4.9142, p-value = 3.081e-12
```

PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res1, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res1 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 11.994, df = 2, p-value = 0.002486
```

TRANSFORMACION DEL MODELO POR QUE NO CUMPLE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD

```

> boxcox(model1)
> model2 <- aov(l_t^0.625~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> summary(model2)

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	3	1081.4	360.5	59.388	<2e-16	***
Tratamiento	2	25.6	12.8	2.109	0.127	
Dds:Tratamiento	6	27.0	4.5	0.741	0.618	
Residuals	96	582.7	6.1			

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> res2=residuals(model2)
> lillie.test(res2)

```

P.NORMALIDAD MODELO TRANSFORMADO

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```

data: res2
D = 0.18366, p-value = 1.339e-09

```

```
> shapiro.test(res2)
```

Shapiro-wilk normality test

```

data: res2
W = 0.92792, p-value = 1.92e-05

```

```
> ad.test(res2)
```

Anderson-Darling normality test

```

data: res2
A = 3.2902, p-value = 2.721e-08

```

P.HOMOGENEIDAD MODELO TRANSFORMADO

```
> bartlett.test(res2, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```

data: res2 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 8.1305, df = 2, p-value = 0.01716

```

PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE

```
> Comparison2=HSD.test(model2, "Tratamiento", console=T)
```

Study: model2 ~ "Tratamiento"

HSD Test for l_t^0.625

Mean Square Error: 6.069733

Tratamiento, means

	$l_{t.0.625}$	std	r	Min	Max
Integrada	9.076285	3.063967	36	4.475797	15.46790
Quimica	10.173035	4.518139	36	4.475797	20.34176
Testigo	10.030197	4.302962	36	4.475797	18.87428

alpha: 0.05 ; Df Error: 96

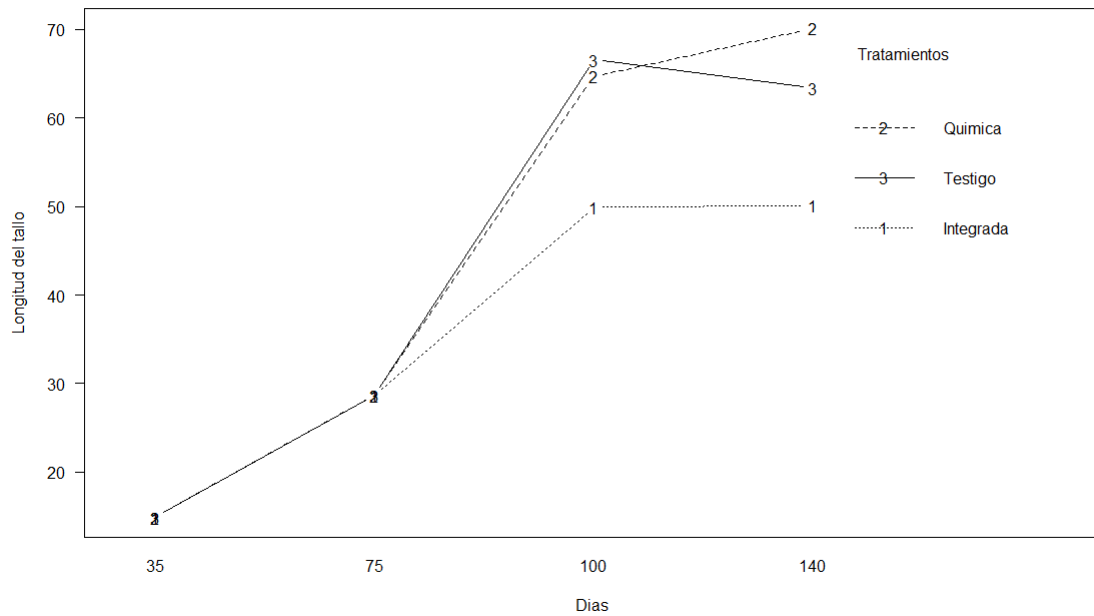
Critical Value of Studentized Range: 3.36686

Honestly Significant Difference: 1.382408

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	Quimica	10.17
a	Testigo	10.03
a	Integrada	9.076



Anexo 4. Modelo estadístico para datos de diámetro de tallo.

```
> model3 <- aov(d_t~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> res3=residuals(model3)
> lillie.test(res3)
```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res3
D = 0.085249, p-value = 0.05144
```

NORMALIDAD

```
> shapiro.test(res3)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: res3
W = 0.98318, p-value = 0.1907
```

```
> ad.test(res3)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res3
A = 0.76846, p-value = 0.04444
```

HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res3, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res3 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.6922, df = 2, p-value = 0.2603
```

TRANSFORMACIÓN MODELO

```
> model4 <- aov(d_t^0.305~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> summary(model4)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```

Dds          3  8.368  2.7892  168.42 <2e-16 ***
Tratamiento  2  0.015  0.0075   0.45  0.639
Dds:Tratamiento 6  0.031  0.0051   0.31  0.930
Residuals    96  1.590  0.0166
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> res4=residuals(model4)
> lillie.test(res4)

```

NORMALIDAD TRANSFORMADO

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```

data: res4
D = 0.10453, p-value = 0.005498

```

```
> shapiro.test(res4)
```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: res4
W = 0.96693, p-value = 0.008625

```

```
> ad.test(res4)
```

Anderson-Darling normality test

```

data: res4
A = 0.84396, p-value = 0.02886

```

```
> bartlett.test(res4, yc$Tratamiento)
```

HOMOGENEIDAD TRANSFORMADO

Bartlett test of homogeneity of variances

```

data: res4 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 0.51291, df = 2, p-value = 0.7738

```

PRUEBAS DE COMPARACION

```
> Comparison4=HSD.test(model4, "Tratamiento", console=T)
```

Study: model4 ~ "Tratamiento"

HSD Test for $d_t^{0.305}$

Mean Square Error: 0.01656084

Tratamiento, means

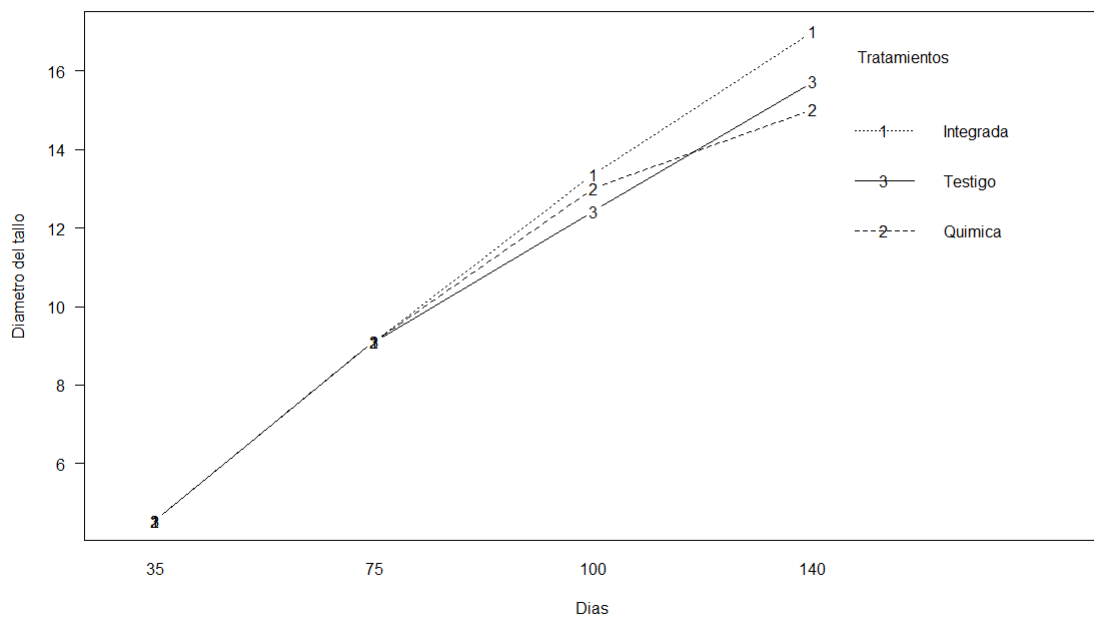
	$d_t^{0.305}$	std	r	Min	Max
Integrada	2.022956	0.3263611	36	1.398048	2.610027
Quimica	1.997532	0.2973199	36	1.398048	2.440940
Testigo	1.998555	0.3007799	36	1.398048	2.481675

alpha: 0.05 ; Df Error: 96
Critical Value of Studentized Range: 3.366686

Honestly Significant Difference: 0.07220921

Means with the same letter are not significantly different.

Groups,	Treatments	and means
a	Integrada	2.023
a	Testigo	1.999
a	Quimica	1.998



Anexo 5. Modelo estadístico para datos de altura de planta.

```
> model5 <- aov(a_p~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> res5=residuals(model5)
> lillie.test(res5)
```

NORMALIDAD

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res5
D = 0.16634, p-value = 8.618e-08
```

```
> shapiro.test(res5)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: res5
W = 0.92647, p-value = 1.583e-05
```

```
> ad.test(res5)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res5
A = 2.5487, p-value = 1.781e-06
```

HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res5, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res5 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 7.6755, df = 2, p-value = 0.02154
```

TRANSFORMACION

```
> model6 <- aov(a_p^0.025~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> summary(model6)
```

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
----	--------	---------	---------	--------

```

Dds          3 0.06440 0.021465 699.915 <2e-16 ***
Tratamiento  2 0.00012 0.000060   1.944  0.149
Dds:Tratamiento 6 0.00014 0.000023   0.746  0.614
Residuals    96 0.00294 0.000031
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> res6=residuals(model6)

```

NORMALIDAD TRANSFORMADO

```
> lillie.test(res6)
```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```

data:  res6
D = 0.10044, p-value = 0.009274

```

```
> shapiro.test(res6)
```

Shapiro-wilk normality test

```

data:  res6
W = 0.97325, p-value = 0.02818

```

```
> ad.test(res6)
```

Anderson-Darling normality test

```

data:  res6
A = 0.83249, p-value = 0.03081

```

HOMOGENEIDAD TRANSFORMADO

```
> bartlett.test(res6, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```

data:  res6 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.7605, df = 2, p-value = 0.4147

```

PRUEBAS DE COMPARACION

```
> Comparison6=HSD.test(model6, "Tratamiento", console=T)
```

Study: model6 ~ "Tratamiento"

HSD Test for $\alpha=0.025$

Mean Square Error: 3.066811e-05

Tratamiento, means

	a_p.0.025	std	r	Min	Max
Integrada	1.102321	0.02622314	36	1.061781	1.139408
Quimica	1.099901	0.02417951	36	1.061781	1.138469

Testigo 1.101870 0.02560472 36 1.061781 1.136666

alpha: 0.05 ; Df Error: 96

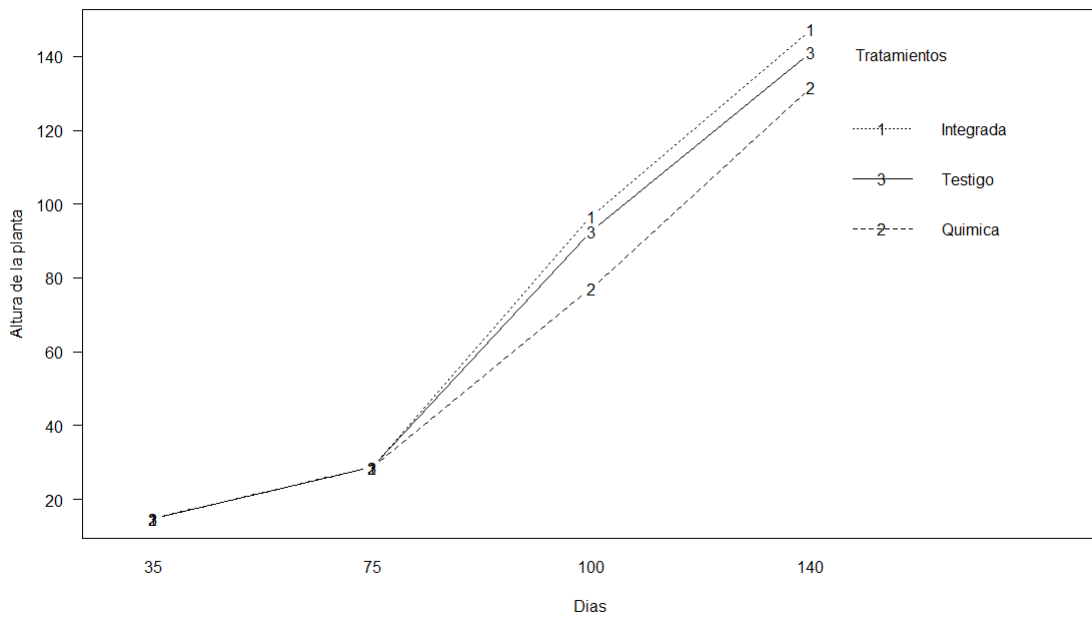
Critical Value of Studentized Range: 3.366686

Honestly Significant Difference: 0.003107383

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	Integrada	1.102
a	Testigo	1.102
a	Quimica	1.1



Anexo 6. Modelo estadístico para datos de hojas totales.

```
> model7 <- aov(h_t~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento, data=yc)
> res7=residuals(model7)
> lillie.test(res7)
```

NORMALIDAD

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res7
D = 0.12085, p-value = 0.0005276
```

```
> shapiro.test(res7)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: res7
W = 0.96701, p-value = 0.008751
```

```
> ad.test(res7)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res7
A = 1.481, p-value = 0.0007616
```

HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res7, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res7 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.1292, df = 2, p-value = 0.5686
```

TRANSFORMACION

```
> model8 <- aov(h_t^0.79~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento, data=yc)
> summary(model8)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	3	3515	1171.8	119.950	<2e-16	***
Tratamiento	2	40	20.2	2.065	0.132	
Dds:Tratamiento	6	40	6.7	0.689	0.659	
Residuals	96	938	9.8			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> res8=residuals(model8)

NORMALIDAD TRANSFORMADO

> lillie.test(res8)

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data: res8
D = 0.10769, p-value = 0.003609

> shapiro.test(res8)

Shapiro-Wilk normality test

data: res8
W = 0.966, p-value = 0.007279

> ad.test(res8)

Anderson-Darling normality test

data: res8
A = 1.2821, p-value = 0.002365

HOMOGENEIDAD TRANSFORMADO

> bartlett.test(res8, yc\$Tratamiento)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: res8 and yc\$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 0.88542, df = 2, p-value = 0.6423

PRUEBAS DE COMPARACION

> Comparison8=HSD.test(model8, "Tratamiento", console=T)

Study: model8 ~ "Tratamiento"

HSD Test for h_t^0.79

Mean Square Error: 9.768842

Tratamiento, means

h_t.0.79	std	r	Min	Max
----------	-----	---	-----	-----

Integrada	16.03234	7.133112	36	4.118504	27.05214
Quimica	14.66518	6.256264	36	4.118504	26.39241
Testigo	14.82029	6.193845	36	4.118504	24.04742

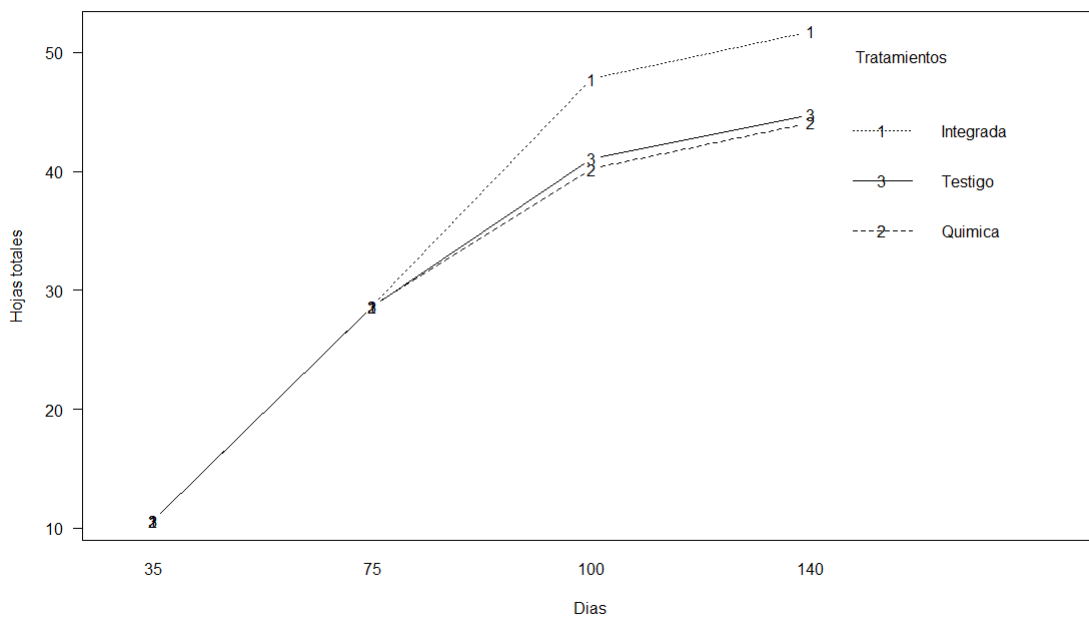
alpha: 0.05 ; Df Error: 96
 Critical Value of Studentized Range: 3.36686

Honestly Significant Difference: 1.753771

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	Integrada	16.03
a	Testigo	14.82
a	Quimica	14.67



Anexo 7. Modelo estadístico de datos para peso seco en hoja, tallo y raíz.

MANOVA GENERAL DEL MODELO

> summary(mod)

	Df	Pillai	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)	
Tratamiento	2	0.77974	3.6210	6	34	0.0069485	**
Dds	2	1.45551	15.1479	6	34	2.341e-08	***
Tratamiento:Dds	4	1.36570	3.7604	12	54	0.0003724	***
Residuals	18						

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 8. MANOVA por variable peso seco de hojas, peso seco de tallo y peso seco de raíz.

> summary.aov(mod)

Response H :

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	235785	117893	7.9867	0.00329 **
Dds	2	503138	251569	17.0427	7.031e-05 ***
Tratamiento:Dds	4	134633	33658	2.2802	0.10062
Residuals	18	265700	14761		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Response T11 :

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	67911	33955	12.3057	0.0004283 ***
Dds	2	270919	135460	49.0917	5.142e-08 ***
Tratamiento:Dds	4	69963	17491	6.3388	0.0022956 **
Residuals	18	49668	2759		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Response R :

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	40266	20133	4.6991	0.02280 *
Dds	2	477160	238580	55.6855	1.954e-08 ***
Tratamiento:Dds	4	54328	13582	3.1701	0.03887 *
Residuals	18	77119	4284		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 9. Modelo estadístico para datos de peso seco de hojas.

```
> model1 <- aov(H~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> res1=residuals(model1)
> lillie.test(res1)
```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res1
D = 0.29273, p-value = 2.303e-06
```

NORMALIDAD

```
> shapiro.test(res1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: res1
W = 0.77266, p-value = 4.768e-05
```

```
> ad.test(res1)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res1
A = 2.7631, p-value = 3.674e-07
```

HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res1, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res1 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 8.7189, df = 2, p-value = 0.01279
```

TRANSFORMACION

```
> model2 <- aov(H^1.800~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> summary(model2)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Dds	2	2.055e-04	1.027e-04	41375.1	< 2e-16	***
Tratamiento	2	9.200e-07	4.600e-07	185.7	9.62e-13	***
Dds:Tratamiento	4	3.580e-06	9.000e-07	360.7	< 2e-16	***

```
Residuals      18 4.000e-08 0.000e+00
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> res2=residuals(model2)
```

NORMALIDAD TRANSFORMADO

```
> lillie.test(res2)
```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res2
D = 0.30144, p-value = 9.011e-07
```

```
> shapiro.test(res2)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: res2
W = 0.79486, p-value = 0.0001116
```

```
> ad.test(res2)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res2
A = 2.6729, p-value = 6.187e-07
```

HOMOGENEIDAD TRANSF

```
> bartlett.test(res2, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res2 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 31.118, df = 2, p-value = 1.749e-07
```

COMPRACIONES MÚLTIPLES

```
> Comparison2=HSD.test(model2, "Tratamiento", console=T)
```

Study: model2 ~ "Tratamiento"

HSD Test for $H^{-1.8}$

Mean Square Error: 2.48272e-09

Tratamiento, means

	H..1.8	std r	Min	Max
Integrada	0.002313129	0.003435638	9 4.424650e-06	0.006893965
Quimica	0.001863440	0.002518467	9 1.897367e-05	0.005218502
Testigo	0.002133514	0.002826271	9 2.774598e-05	0.005896765

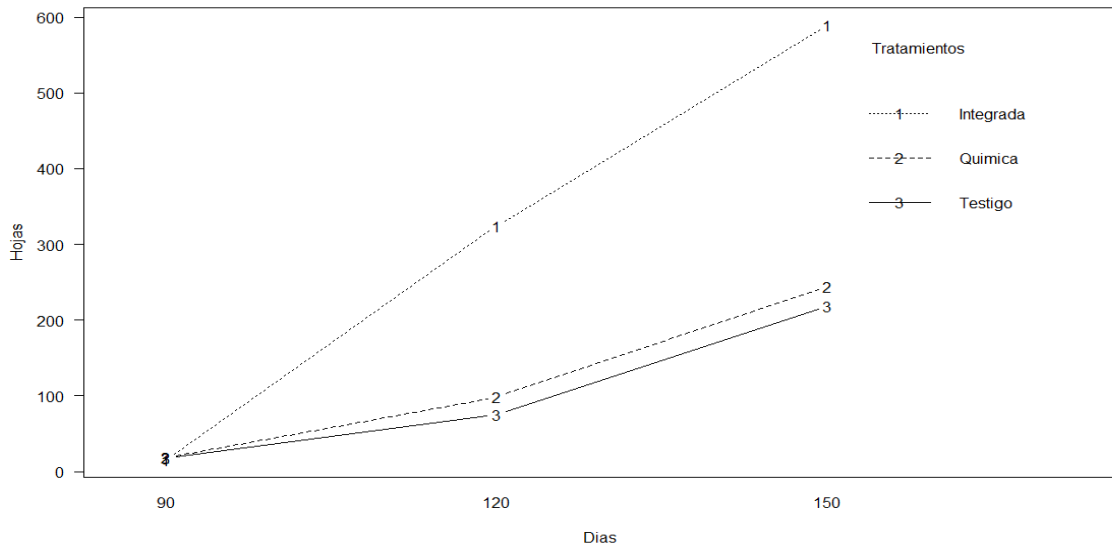
alpha: 0.05 ; Df Error: 18

Critical value of Studentized Range: 3.609304

Honestly Significant Difference: 5.994681e-05

Groups, Treatments and means

a	Integrada	309.9
b	Quimica	120.6
b	Testigo	103.8



Anexo 10. Modelo estadístico para datos de peso seco de tallo.

```
> model3 <- aov(T11~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> res3=residuals(model3)
```

NORMALIDAD

```
> lillie.test(res3)
```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res3
D = 0.26175, p-value = 5.014e-05
```

```
> shapiro.test(res3)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: res3
W = 0.82193, p-value = 0.0003365
```

```
> ad.test(res3)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res3
A = 2.316, p-value = 4.879e-06
```

HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res3, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res3 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 16.344, df = 2, p-value = 0.0002824
```

TRANSFORMADO

```
> model4 <- aov(T11^1.825~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> summary(model4)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Dds	2	0.0013513	0.0006757	723855	<2e-16 ***

```

Tratamiento      2 0.0000212 0.0000106 11371 <2e-16 ***
Dds:Tratamiento  4 0.0000482 0.0000120 12901 <2e-16 ***
Residuals        18 0.0000000 0.0000000
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> res4=residuals(model4)

```

NORMAL TRANSFOR
> lillie.test(res4)

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data: res4
D = 0.21743, p-value = 0.002049

> shapiro.test(res4)

Shapiro-Wilk normality test

data: res4
W = 0.86347, p-value = 0.002153

> ad.test(res4)

Anderson-Darling normality test

data: res4
A = 1.7785, p-value = 0.0001105

HOMOG TRANSF

> bartlett.test(res4, yc\$Tratamiento)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: res4 and yc\$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 9.5246, df = 2, p-value = 0.008546

COMPARACIONES MULT

> Comparison4=HSD.test(model4, "Tratamiento", console=T)

Study: model4 ~ "Tratamiento"

HSD Test for T11^-1.825

Mean Square Error: 9.334271e-10

Tratamiento, means

	T11..1.825	std r	Min	Max
Integrada	0.006327753	0.009445130	9 1.728329e-05	0.01892125
Quimica	0.004810588	0.006957642	9 5.782805e-05	0.01408662
Testigo	0.004223199	0.006109029	9 1.932952e-05	0.01236760

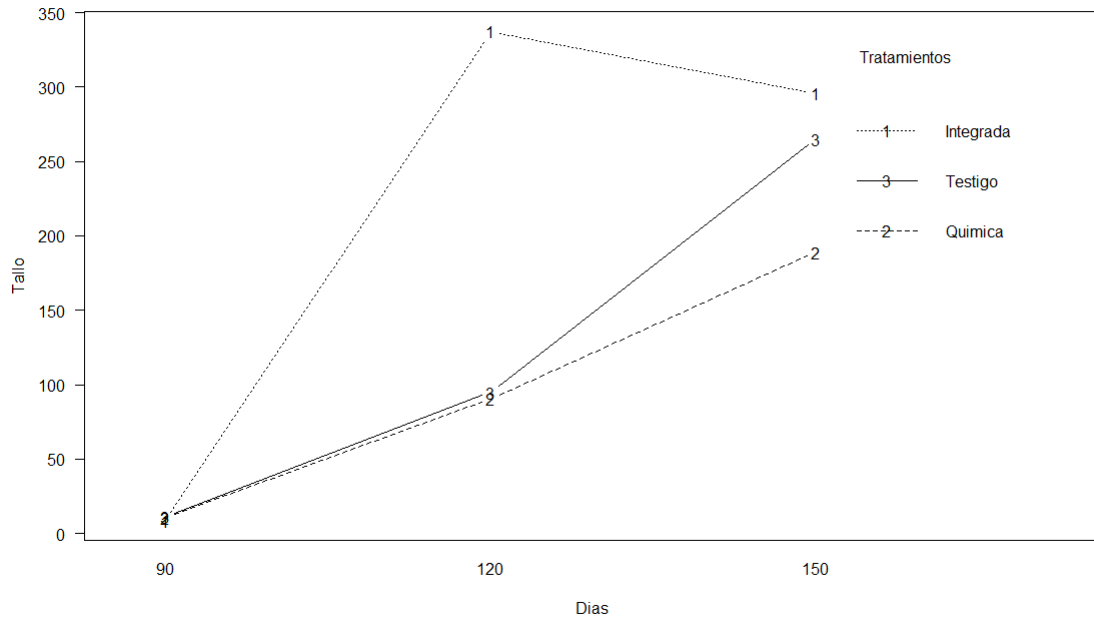
alpha: 0.05 ; Df Error: 18
Critical Value of Studentized Range: 3.609304

Honestly Significant Difference: 3.67572e-05

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	Integrada	214
b	Testigo	123.8
b	Quimica	96.7



Anexo 11. Modelo estadístico para datos de peso seco de raíz.

```
> model5 <- aov(R~Dds + Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> res5=residuals(model5)
```

NORMALIDAD

```
> lillie.test(res5)
```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: res5
D = 0.22608, p-value = 0.001059
```

```
> shapiro.test(res5)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: res5
W = 0.8532, p-value = 0.001334
```

```
> ad.test(res5)
```

Anderson-Darling normality test

```
data: res5
A = 1.8739, p-value = 6.344e-05
```

HOMOGENEIDAD

```
> bartlett.test(res5, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: res5 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 1.7484, df = 2, p-value = 0.4172
```

TRANSFORMACION

```
> model6 <- aov(R^(-1.35)~Tratamiento+Dds*Tratamiento,data=yc)
> summary(model6)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	0.00498	0.00249	6610	<2e-16 ***

```

Dds          2 0.12650 0.06325 168046 <2e-16 ***
Tratamiento:Dds 4 0.00927 0.00232 6156 <2e-16 ***
Residuals    18 0.00001 0.00000
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> res6=residuals(model6)

```

```

NORMAL TRANSF
> lillie.test(res6)

```

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```

data: res6
D = 0.2871, p-value = 4.153e-06

```

```
> shapiro.test(res6)
```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: res6
W = 0.76054, p-value = 3.051e-05

```

```
> ad.test(res6)
```

Anderson-Darling normality test

```

data: res6
A = 2.8289, p-value = 2.513e-07

```

```
HOMOG TRANSF
```

```
> bartlett.test(res6, yc$Tratamiento)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```

data: res6 and yc$Tratamiento
Bartlett's K-squared = 24.83, df = 2, p-value = 4.056e-06

```

```
COMP MULT
```

```
> Comparison6=HSD.test(model6, "Tratamiento", console=T)
```

```
Study: model6 ~ "Tratamiento"
```

```
HSD Test for R2-1.35
```

```
Mean Square Error: 3.763967e-07
```

```
Tratamiento, means
```

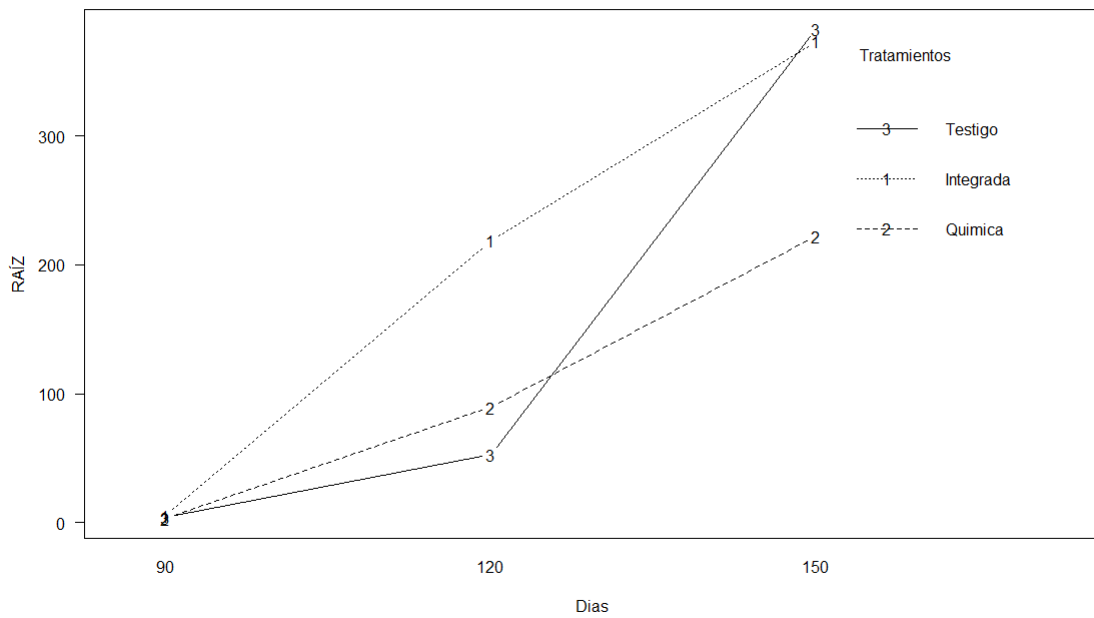
	R..1.35	std r	Min	Max
Integrada	0.03292712	0.04858865	9 0.0002276823	0.09771161
Quimica	0.06613425	0.09668786	9 0.0003358561	0.19504749
Testigo	0.05102672	0.07254644	9 0.0002671365	0.14771160

alpha: 0.05 ; Df Error: 18
Critical Value of Studentized Range: 3.609304

Honestly Significant Difference: 0.0007381168

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means		
a	Integrada	199.2
ab	Testigo	146.5
b	Quimica	104.9



Anexo 12. Folleto de divulgación de resultados.

CONCLUSIONES

Las plantas sometidas a una fertilización integrada logran un mayor peso seco en sus órganos, hojas, tallo y raíz con respecto a las plantas sometidas a una fertilización química o no fertilización.

No se encuentra diferencia entre las plantas sometidas a una fertilización y las no fertilizadas en cuanto a medidas alométricas se trata en fase vegetativa.

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*)



**Corredor Tecnológico Agroindustrial
BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA**



del RIA, 2017.



EVALUACION DE DOS TIPOS DE FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO DE CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*)

John Eddler del Rio
Pasante de Ingeniería Agrónomo
Copaiba, C.I. Tibaltista

John Eddler del Rio Marinac
Teléfono: 3223089498
Correo electrónico: john.edler.m@gmail.com
Copaiba C.I. Tibaltista
Mosquera (Cund.)



METODOLOGIA

El experimento se llevó a cabo en la vereda
B. Páramo en el municipio de Palmira (Cund.)

Se realizó un Diseño de Bloques Completos,
con los tratamientos:

- TTD 0: Testigo
- TTD 1: Fertilización Química
- TTD 2: Fertilización Integrada

Donde:

- Testigo: sin fertilización.
 - Fertilización Química: corresponde al 100% de la dosis recomendada según los análisis de suelos.
 - Fertilización Integrada: corresponde al uso de biofertilizantes con bacterias solubilizadoras de P, bacterias fijadoras de N y micorrizas y 50% de la dosis de fertilización química recomendada.
- Se tomaron datos de crecimiento periódicamente y es los datos se evaluaron con un software estadístico llamado R-STUDIO.

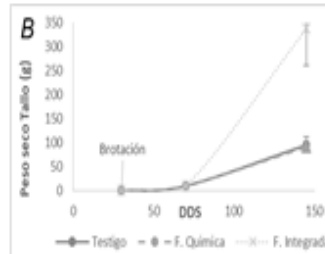
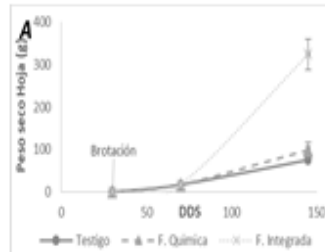


Del Rio, 2017

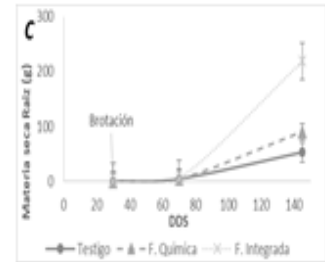
RESULTADOS

El tratamiento con fertilización Integrada superó los rendimientos de Biomasa con respecto al tratamiento con fertilización química y el tratamiento Testigo correspondientes a diferentes órganos de la planta.

No hubo diferencia significativa en el peso seco de hojas entre las plantas con fertilización química y las plantas testigo (sin fertilización), pero sí hubo diferencia significativa entre estas y el peso seco de las hojas de las plantas sometidas a fertilización Integrada.



Para peso seco del tallo la estadística arrojó diferencia significativa entre las plantas con fertilización Integrada y las plantas con fertilización química, siendo las plantas sometidas a una fertilización Integrada las de mayor valor, llegando a superar el doble a las plantas bajo fertilización química.



En cuanto a peso seco de la raíz no hay diferencia significativa entre tratamientos pero cabe resaltar que el de mayor valor es el tratamiento cuyas plantas es la sometidas a una fertilización Integrada.

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*)

John Edder del Rio Martínez,
Páramo de Ingeniero Agrónomo,
Carpinco C.E. Tlaxiaco
Teléfono: 322 300 6 488
Correo electrónico:
john.edder.m@gmail.com