

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EFFECTO DE CINCO FÓRMULAS DE ABONAMIENTO EN EL RENDIMIENTO  
DE DOS VARIEDADES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN UN SUELO  
ÁCIDO EN TINGO MARÍA**

**Para optar el título de**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Elaborado por**

**MARVIN MARLON TORRES IBAÑEZ**

**Tingo María – Perú**

**2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail:  
[fagro@unas.edu.pe](mailto:fagro@unas.edu.pe)

"Año de la Universalización de la Salud"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**N° 00 -2020-FA-UNAS**

BACHILLER : Marvin Marlon TORRES IBAÑEZ

TÍTULO : EFECTO DE CINCO FORMULAS DE ABONAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE DOS VARIETADES DE YUCA (Manihot sculenta Crantz) EN UN SUELO ACIDO, EN TINGO MARIA

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. Luis MANSILLA MINAYA  
VOCAL : Ing. M. Sc. Luis F GARCIA CARRION  
VOCAL : Ing. M. Sc. Fausto SILVA CARDENAS

ASESOR : Ing. Carlos M MIRANDA ARMAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 15/12/2020

HORA DE SUSTENTACIÓN : 6:00 pm

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Plataforma TEAMS

CALIFICATIVO : Muy bueno

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 20 de Diciembre de 2020

Ing. LUIS MANSILLA MINAYA  
PRESIDENTE

M.Sc. LUIS GARCIA CARRION  
VOCAL

M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS  
VOCAL

Ing. CARLOS MIRANDA ARMAS  
ASESOR



VICERRECTOR DE INVESTIGACION

OFICINA DE INVESTIGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Efecto de cinco fórmulas de abonamiento en el rendimiento de dos variedades de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) en un suelo ácido en Tingo María
Autor	: Torres Ibañez, Marvin Marlon
Asesor de Tesis	: Ing. Miranda Armas, Carlos Miguel
Escuela profesional	: Agronomía
Programa de investigación	: Suelos y Fertilizantes.
Línea(s) de investigación	: Recuperación y manejo de suelos.
Eje temático de investigación	: Sistema Agrícola de Producción
Lugar de Ejecución	: Supte San Jorge – Rupa Rupa
Duración	: 8 meses
Financiamiento	:
Propio	: 2,566.81
FEDU	:
Otros	:

## DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la fortaleza, fuerza y sabiduría necesaria para lograr mis metas, además por guiarme en el camino de la verdad.

A mis padres con mucho cariño: Jorge Torres Amasifuen e Imelda Ibañez Amasifuen, por ser el apoyo para cumplir con mis objetivos; además me protegieron y aconsejaron, inculcándome los valores para forjarme como ciudadano.

A mis sobrinas: Kaela Christina Valeriano Torres y Mady Camila Valeriano Torres, por llenarme de mucha alegría y motivación para lograr mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

- A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, por acogerme como estudiante en sus aulas y transmitirme una enseñanza de calidad.
- A la Facultad de Agronomía, en especial a los docentes por transmitirme sus enseñanzas para mi formación profesional.
- A los miembros del jurado: Ing. Luis Mansilla Minaya, Ing. M.Sc. Luis Fernando García Carrión e Ing. M.Sc. Fausto Silva Cárdenas, por sus sugerencias y consejos que sirvieron de apoyo técnico en la culminación de la presente tesis.
- A mi asesor: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas; por su constante apoyo y consejos en la culminación de este trabajo de investigación.
- A la señora Norma Polinar Reyes, por brindar el espacio físico para la instalación de la presente investigación.
- A mis compañeros de estudios y amigos por el apoyo en la ejecución y recolección de datos para que dicha investigación culminé de manera exitosa y confiable.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	18
2.1. Cultivo de la yuca.....	18
2.1.1. Origen y distribución .....	18
2.1.2. Clasificación taxonómica .....	18
2.1.3. Composición química de la raíz y forraje.....	19
2.1.4. Importancia de la yuca.....	21
2.1.5. Morfología.....	22
2.1.6. Condiciones edafoclimáticas .....	29
2.1.7. Extracción de nutrientes.....	32
2.1.8. Fisiología .....	33
2.1.9. Manejo del cultivo.....	35
2.2. Variedades de yuca en estudio .....	44
2.2.1. Variedad Señorita .....	44
2.2.2. Variedad Chaucha.....	44
2.3. Generalidades de los suelos tropicales ácidos .....	45
2.4. Fertilizantes utilizados en el estudio.....	47
2.4.1. Nitrato de amonio (33% N) .....	47
2.4.2. Superfosfato triple de calcio (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	47
2.4.3. Cloruro de potasio (60% K <sub>2</sub> O) .....	48
2.5. Trabajos de investigación realizados .....	49

III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	51
3.1. Lugar de ejecución del experimento.....	51
3.1.1. Ubicación.....	51
3.1.2. Zona de vida.....	51
3.1.3. Condiciones climáticas .....	51
3.1.4. Historial del área experimental .....	51
3.1.5. Datos climatológicos durante la ejecución del trabajo de investigación.....	52
3.1.6. Análisis físico-químico del suelo del área experimental...	53
3.2. Componentes en estudio .....	55
3.3. Tratamientos en estudio .....	55
3.4. Diseño experimental.....	56
3.4.1. Análisis estadístico .....	58
3.5. Características del campo experimental.....	59
3.6. Ejecución del experimento .....	63
3.6.1. Selección y preparación del terreno .....	63
3.6.2. Muestreo del suelo .....	63
3.6.3. Demarcación del campo experimental.....	63
3.6.4. Volteado del terreno .....	64
3.6.5. Aplicación de material encalante .....	64
3.6.6. Preparación de surcos/parcela .....	64
3.6.7. Obtención de las estacas .....	64
3.6.8. Desinfección de las estacas .....	65
3.6.9. Siembra de estacas.....	65

3.6.10. Labores culturales .....	66
3.7. Variables evaluadas .....	69
3.7.1. Características biométricas .....	69
3.7.2. Rendimiento de raíz.....	71
3.8. Análisis de rentabilidad.....	72
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	73
4.1. Características biométricas .....	73
4.1.1. Altura de planta.....	73
4.1.2. Diámetro del tallo.....	77
4.1.3. Número de raíces por planta .....	81
4.1.4. Peso de raíces por planta y peso de raíz .....	88
4.1.5. Longitud y diámetro de raíz .....	94
4.2. Rendimiento de raíz .....	102
4.3. Análisis de rentabilidad .....	114
V. CONCLUSIONES .....	116
VI. RECOMENDACIONES.....	117
VII. RESUMEN.....	118
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	120
IX. ANEXO .....	130

## INDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
1. Contenido de nutrientes en la raíz en base seca.....	20
2. Composición química de la hoja, hoja y peciolos, y mezcla de hoja, peciolo y tallos tiernos. ....	21
3. Factores ambientales. ....	31
4. Niveles críticos para la fertilidad de suelos dedicados al cultivo de la yuca. ....	40
5. Datos climatológicos durante el desarrollo de la investigación.....	52
6. Propiedades físicas y químicos del suelo en la parcela experimental.....	54
7. Descripción de los tratamientos en estudio. ....	56
8. Esquema del análisis estadístico. ....	58
9. Momentos de aplicación del nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio. ....	67
10. Clasificación de la raíz en tres categorías. ....	72
11. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de planta a los seis meses después de la instalación.....	74
12. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de planta a los seis meses después de la instalación del factor fórmulas de fertilización.....	76
13. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo a los seis meses después de la instalación. ....	78

14. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo a seis meses de instalado de las fórmulas de fertilización. ....	79
15. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo de la planta a los seis meses de instalado de las variedades de yuca.....	81
16. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta en la cosecha. ....	82
17. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta en la cosecha de los niveles del factor fórmulas de fertilización. ....	85
18. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta en la cosecha de los niveles del factor variedades de yuca.....	87
19. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíces/planta y peso de raíz en la cosecha.....	89
20. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíces/planta y peso de raíz en la cosecha de los niveles del factor fórmulas de fertilización.....	91
21. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíz en la cosecha de los niveles del factor variedades de yuca .....	94
22. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de la raíz en la cosecha. ....	95

23. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de la raíz en la cosecha de los niveles del factor fórmulas de fertilización.....	98
24. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de raíz en la cosecha de los niveles del factor variedades de yuca. ....	100
25. Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el rendimiento total, rendimiento comercial en sus tres categorías y el rendimiento no comercial o descarte en la cosecha. ....	103
26. Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del efecto principal fórmulas de fertilización para el rendimiento total, rendimiento comercial en sus tres categorías y el rendimiento no comercial o descarte en la cosecha. ....	104
27. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento total, rendimiento comercial y no comercial de las variedades de yuca .....	113
28. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.....	115
29. Datos originales de altura de planta tomadas mensualmente.....	131
30. Datos originales del diámetro de tallo de la planta tomadas mensualmente.....	132
31. Cuadrado medio de la altura y diámetro de tallo de la planta al sexto mes de instalado el cultivo.....	133
32. Datos originales de las características biométricas de la raíz reservante tomadas en la cosecha .....	133

33. Cuadrado medio de las características biométricas de la raíz reservante en la cosecha. ....	135
34. Datos originales del rendimiento extra por área neta de las raíces reservantes. ....	136
35. Datos originales del rendimiento extra por hectárea de las raíces reservantes. ....	136
36. Datos originales del rendimiento categoría I por área neta de las raíces reservantes. ....	137
37. Datos originales del rendimiento categoría I por hectárea de las raíces reservantes. ....	137
38. Datos originales del rendimiento categoría II por área neta de las raíces reservantes. ....	138
39. Datos originales del rendimiento categoría II por hectárea de las raíces reservantes. ....	138
40. Datos originales del rendimiento comercial por área neta de las raíces reservantes. ....	139
41. Datos originales del rendimiento comercial por hectárea de raíces reservantes. ....	139
42. Datos originales del rendimiento no comercial por área neta de las raíces reservantes. ....	140
43. Datos originales del rendimiento no comercial por hectárea de raíces reservantes. ....	140
44. Datos originales del rendimiento total por área neta de las raíces reservantes. ....	141

45. Datos originales del rendimiento total por hectárea de las raíces reservantes.....	141
46. Cuadrado medio del rendimiento comercial de las raíces reservantes.....	142
47. Cuadrado medio del rendimiento total de las raíces reservantes.....	143
48. Costo de producción de los tratamientos en estudio del cultivo de yuca.....	144
49. Conversión de las fórmulas de fertilización por hectarea en base a nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio, cloruro de potasio.....	145
50. Conversión de la dosis de producto comercial a golpe. ....	145
51. Dosis por golpe de nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio.....	146

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Croquis del campo experimental. ....	61
2. Croquis de la unidad experimental de acuerdo al distanciamiento de siembra.....	62
3. Altura de planta a los seis meses después de la instalación, por efecto de las fórmulas de fertilización. ....	76
4. Diámetro del tallo de la planta a los seis meses después de la instalación, por efecto de las fórmulas de fertilización.....	80
5. Diámetro del tallo de la planta a los seis meses después de la instalación, por efecto de las variedades de yuca. ....	81
6. Número de raíces por planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.....	85
7. Número de raíces por planta en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca. ....	87
8. Peso de raíces por planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.....	92
9. Peso de raíz en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización. ....	92
10. Peso de raíz en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca.....	94
11. Longitud de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.....	99

12. Diámetro de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.....	99
13. Longitud de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca. ....	101
14. Diámetro de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca. ....	101
15. Efecto principal de las fórmulas de fertilización, en el rendimiento de raíces.....	105
16. Rendimiento de raíz de las variedades de yuca.....	113
17. Planta de yuca variedad Chaucha con dos meses de crecimiento.....	147
18. Planta de yuca variedad Señorita con dos meses de crecimiento.....	147
19. Fertilización fosforada al momento de la siembra.....	148
20. Fertilización nitrogenada y potásica al primer mes después de la siembra.....	148
21. Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 1 y 2.....	149
22. Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 3 y 4.....	149
23. Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 5 y 6.....	150
24. Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 7 y 8.....	150
25. Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 9 y 10.....	151
26. Clasificación de las raíces en tres categorías extra, categoría I y II.....	151

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional el cultivo de yuca tiene aproximadamente 116820 hectáreas, con una producción en el 2002 de 900000 toneladas, siendo el rendimiento promedio nacional de 10.7 t/ha/año. La zona de mayor producción se concentra en la selva (67%), donde Loreto tiene un 29.6% y la menor área de producción se encuentra en Tumbes con 0.1%; Junín un 6.9%. De acuerdo a la FAO (1997), los países principales productores de yuca son Nigeria (31.8%), Brasil (25.7%), Zaire (18%), Tailandia (16%) e Indonesia (15.4%). Además, la FAO (2005), menciona que la producción mundial de yuca, en ese mismo año, fue de 209.429.500 toneladas métricas.

A nivel mundial la producción de yuca tiene aproximadamente 152 millones/t/año. El continente de África representa el 50% de toda el área de siembra mundial, Asia 30% y América Latina 20% de los 16 millones de hectárea (SUÁREZ y HERNÁNDEZ, 2008). Es un cultivo con tendencia de importancia o relevancia, dado a su creciente industrialización y utilidad en la alimentación humana y animal (CHAPARRO y TRUJILLO, 2003).

En las dos últimas campañas se sembró una superficie de 102514 ha, con un rendimiento medio de 12.3 t/ha/año, la región de Cusco tiene un área sembrada de 3521.5 ha y su rendimiento es de 11.79 t/ha cifra ligeramente inferior al promedio nacional (MINAGRI, 2013).

El cultivo de yuca en la región es conducido a través de sistemas tradicionales, donde generalmente no se definen las variedades trabajadas, no

se trabaja con un plan de fertilización organizado, inadecuada preparación del terreno y entre otros factores de productividad del cultivo, por lo cual los rendimientos son bajos. Además, no se busca o existen canales de comercialización e industrialización del cultivo, presentando un problema llamado deterioro fisiológico poscosecha, por el cual las raíces no pueden ser comercializadas pasadas las 48 horas de extraídas del suelo, este deterioro se debe a causas como las variedades, daños mecánicos producidos en campo y a factores como humedad y temperatura inadecuadas que aceleran el proceso de deterioro de las raíces.

La justificación del trabajo radica en el uso de cinco fórmulas de fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio, para evaluar el rendimiento de dos variedades de yuca, que sirvan como alternativas viables de soluciones técnicas para mejorar la producción y productividad de la raíz tuberosa tanto en cantidad como en calidad, además de mejorar la calidad de vida de los productores dedicados al cultivo de yuca, dadas las buenas cualidades nutricionales que presenta esta raíz en la alimentación de la población peruana.

Frente a todo lo enunciado, el presente trabajo de investigación presenta los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

1. Determinar el efecto de cinco fórmulas de abonamiento en el rendimiento de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta*. Crantz) en un suelo ácido en Tingo María.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la fórmula de fertilización y variedad de yuca con mejor efecto en las características biométricas de la planta.
2. Determinar la fórmula de fertilización y variedad de yuca con mejor rendimiento de raíces reservantes.
3. Determinar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de la yuca

#### 2.1.1. Origen y distribución

El cultivo de yuca es oriundo del trópico americano y se extiende desde Arizona, Estados Unidos y la cuenca del Plata en Argentina. Las zonas de mayor diversidad se encuentran en la parte central, norte y oeste (Mato Grosso) de Brasil, la zona sur de México y Bolivia (LEÓN, 1987; BONIERBALE *et al.*, 1997; SUÁREZ y MEDEROS, 2011).

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica

La yuca se conoce con varios nombres comunes según el país: casava (Holanda y Estados Unidos), mandioca (Uruguay, Paraguay, Brasil y Argentina), manioc (Alemania y Francia), caxcamote (Guatemala). Actualmente hay más de 5.000 variedades de yuca (MONTALDO 1995). Según el ITIS (2020), la yuca tiene la siguiente jerarquía taxonómica o clasificación taxonómica que se muestra a continuación:

Reino : Plantae  
División : Traqueofita  
Clase : Magnoliopsida

Orden : Malpighiales

Familia : Euphorbiaceae

Género : Manihot

Especie : *Manihot esculenta*. Crantz

Sinonimia : Mandioca, yuca amarga, tapioca y yuca.

### **2.1.3. Composición química de la raíz y forraje**

Todas las partes de la planta de yuca (raíz, tallo y follaje) son válidos en la alimentación de animales y humanos, a excepción del tallo y follaje en los humanos. La raíz tiene alto contenido de vitamina C, potasio, calcio y niveles mínimos de complejo B, así mismo sus subproductos son altamente energéticos (124 Kcal/100g) a causa de su alto contenido de almidones y su bajo nivel de proteínas (BUIRAGO, 1990).

La alimentación o dieta alimentaria con yuca suministra bajos niveles de proteína tan solo un 2 %, mientras que el follaje presenta entre 15 a 18 % de proteína (CASSERES, 1980).

El valor nutricional de la parte aérea de la planta depende de la composición de los órganos, es decir cuando se mezcla el tallo con las demás partes de la planta (hoja y peciolo, etc) el contenido de fibra aumenta y disminuye el contenido de proteína y ceniza, sin embargo, existen otros factores como la edad, fertilidad, variedad y el clima, etc (MONTALDO, 1991).

**Cuadro 1.** Contenido de nutrientes en la raíz en base seca.

Nutrientes (%)	Raíz	
	Base húmeda	Base seca
Materia seca	35.0	89.4
Proteína cruda	1.12	3.19
Energía metabolizable (Mcal/kg)	1.20	3.43
Extracto etéreo	0.27	0.77
Extracto no nitrogenado	30.88	77.64
Fibra cruda	1.44	4.10
Ceniza	1.30	3.70
Calcio	0.05	0.15
Fósforo	0.04	0.11

**Fuente:** FAO (2002).

Al respecto VENTURA y PULGAR (1990), mencionan que la producción de forraje llega a 150 t/ha/año con un valor de proteína del 20 %, produciendo 35 toneladas de harina de forraje con 12 % de humedad.

MONTALDO (1991), indica que la raíz reservante el porcentaje de proteína no excede el 4 %, valor bajísimo comparado con la parte aérea específicamente con la hoja el cual tiene hasta 30 % de proteína.

Los elementos como la proteína, ceniza, fibra y extractos etéreos son principales en el valor nutricional de harina de forraje para la alimentación balanceada en animales que estimulan el crecimiento y desarrollo (BUIAGRO 1990).

MONTILLA (1980), menciona en su reporte que el valor de 75 % de proteína cruda solamente en la hoja se considera como verdadera.

**Cuadro 2.** Composición química de la hoja, hoja y peciolo, y mezcla de hoja, peciolo y tallos tiernos.

<b>Nutrientes (%)</b>	<b>hoja</b>	<b>hoja y peciolo</b>	<b>hoja, peciolo y tallo tierno</b>
Proteína	22.7	21.6	20.2
Cenizas	10.9	9.8	8.5
Grasa	6.3	6.3	5.3
Fibra	11	11.6	15.2
Calcio	1.68	1.7	1.68
Fósforo	0.29	0.24	0.28
Potasio	0.69	0.6	1.09

Fuente: Van Poppel (2001), reportado por BUITRAGO (2001).

#### **2.1.4. Importancia de la yuca**

El cultivo de yuca representa el cuarto alimento energético seguidamente después del arroz, trigo y maíz en el mundo, además es la dieta

alimenticia de más de 600 millones de personas en el mundo y más de 250 millones de africanos. Así mismo, tiene un rol importante en la seguridad alimentaria debido a que disminuye la pobreza en países semi desarrollados.

Características específicas de la yuca como son la alta producción de almidón, adaptación a condiciones variantes de suelo y sequias, resistencia a enfermedades y plagas, y flexibilidad de cosecha resalta la importancia de este cultivo, más que todo en aquellos productores con producción de escala baja y pocos recursos económicos. En cuanto al contenido de almidón en la raíz este está en un 80 %. Las partes de la yuca (raíz y hojas) pueden brindar diversos usos para consumo humano y alimento animal, por ejemplo; harina, gari y casave, almidón nativo, producción de jarabe fructosa-glucosa y alcohol (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

### **2.1.5. Morfología**

#### **a. Tallo**

El tallo está conformado por nudos y entrenudos, en cada uno del nudo se ubica el peciolo, protegido por escamas y dos estipulas laterales.

La filotaxia del tallo es del orden  $2/5$ , es decir cada dos vueltas en espiral se posiciona otra hoja sobre la hoja 1, en el proceso se cuenta 5 hojas. El color del tallo de la planta depende de la variedad, ataque de trips y baja disponibilidad de agua, así mismo el tallo presenta ramificación que pueden ser vegetativas o reproductivo que determinan la conformación de la

planta que es de suma importancia para la elección de la variedad según el valor agronómico, la ramificación lateral vegetativa da origen a 2, 3 y 4 ramas secundarias las que a su vez podrán originar a ramas terciarias y sucesivamente. En cuanto a la piel del tallo de yuca está conformada por la epidermis seguido del tejido cortical, el pigmento presente en estas capas definirá el color del tallo. El centro del tallo está constituido por tejido parenquimatoso, a medida que el diámetro aumenta, se incrementa la xilema que provee tejido leñoso como súber en reemplazo de la capa exterior (epidermis) (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

La planta cuando tiene una rápida o temprana formación de ramificaciones produce planta de porte bajo, dificultando las labores de producción, mientras que las plantas con ramificaciones reducidas producen más raíces, facilitan las labores agronómicas, pero producen problemas de erosión hídrica. Así mismo el ángulo de incidencia influye en el arquetipo de la planta puesto que ramificaciones con mayor ángulo de incidencia producen plantas de porte bajo que no aceptable y productiva desde el punto de vista agronómico (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

El tallo de la planta de yuca puede tener tres posiciones erecta, acostada y decumbente, el mayor número de ramificaciones primarias es de tres, las variedades con ramificaciones largas, más de 100 cm, facilitan labores de escarda, además el diámetro del tallo puede estar entre delgado (menos de 2 cm), intermedio (2 a 4 cm) y grueso (mayor de 4 cm), los entrenudos del tallo son cortos (8 cm), medios (8 a 20 cm) y largos (mayor de 20 cm). Se relaciona

que a mayor diámetro del tallo existe una buena producción de raíces reservantes (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

### **b. Hojas**

Este órgano puede ser palmeada y lobulada y se ve influenciada por el medio ambiente y es clave para identificar variedades que facilita tener mejor manejo del cultivo, implementar sistemas de producción agrícola, incrementar el rendimiento. Los lóbulos se pueden clasificar en tres simples tipos, abovado, lineal y en forma de guitarra, miden entre 4 a 20 cm de largo y 1 a 6 cm de ancho, los laterales son de menor tamaño que los centrales. La hoja alcanza su máximo desarrollo durante los tres meses disminuyendo a partir del cuarto mes, su color varía desde púrpura, verde oscuro, hasta verde claro. Los cogollos púrpuras a medida que crecen y se desarrollan cambian a color verdoso, el color del cogollo es una característica para describir a una variedad. El peciolo mide entre 9 y 20 cm, es delgado y de color variable (verde a morado) no siempre el color del peciolo coincidirá con la nervadura que oscila entre verde y morado, en el punto de inserción del peciolo con el nudo del tallo existe dos estipulas de 0.5 a 1.0 cm. El haz de la hoja tiene una cera brillante, y el envés es opaco y ahí se localiza las estomas responsables del intercambio gaseoso, aunque en algunas variedades se observa estomas en el haz (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

La parte principal de la planta de importancia económica es la raíz reservante en la mayoría de los países, sin embargo, la hoja tiene

importancia alimentaria humana en Asia y África por su buen valor nutritivo de proteínas con 18 a 22 % en materia seca (BUIAGRO, 1990).

### **c. Inflorescencia**

La inflorescencia es un racimo que contiene a las flores masculinas y femeninas, ubicándose la masculina en una posición distal y femenina basal, existe un racimo principal que posee un racimo secundario. La planta es monoica puesto que tiene los dos órganos sexuales en la misma planta, así mismo es de polinización cruzada obteniendo una altísima heterogocidad, debido a que un racimo de la flor femenina se abre primero que la flor masculina dificultando la autopolinización, fenómeno conocido como protoginia. Las flores femeninas y masculinas están formadas de brácteas y bractéolas, órganos foliáceos que se adhieren o no cuando la flor se desarrolla. (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

### **d. Flores masculinas y femeninas**

La flor masculina tiene forma esférica (0.5 cm diámetro) y pedicelo corto y recto, mientras que en la flor femenina tiene largo y grueso, por lo general la flor femenina es más grande que la masculina por el eje longitudinal, la flor no tiene cáliz ni corola, sino más bien presenta una corola compuesta de tépalos (intermedios a sépalos y pétalos) estas son de color amarillo, rojizo o morado, se encuentran en las flores femeninas separadas una del otro en la base. En el interior de la flor masculina se ubica un disco basal donde se origina 10 lóbulos, en el centro de este se ubica el ovario, de cada

espaciamiento del lóbulo se origina un filamento de los cuales 5 son externos y largos y el resto son cortos, la unión de los filamentos produce la antera de forma elongada el cual tiene un ángulo de inclinación al centro de la flor esta se abre por hendiduras longitudinales, la liberación de polen dura de 2 a 3 horas antes que se abra la flor, el polen son grandes, esféricos y se producen en poca cantidad en cada saco, tiene textura pegajosa lo que facilita que la polinización sea realizada por los insectos; este permanece viable por un espacio hasta de 6 (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

La flor femenina presenta en su parte interna un disco menos lobulado que el de la flor masculina, el cual está posicionado en la pared central del ovario. El ovario es supero dividido en tres carpelos cada uno con un ovulo individual penduloso, anatropo e individual, con un micropilo hacia arriba y rafe ventral, sobre este se observa un estilo pequeñísimo que origina a un estigma compuesto de tres lóbulos carnosos y ondulados (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

#### **e. Frutos**

La fruta tiene forma de capsula dehiscente y trilocular, con forma ovoide a globular, con un diámetro de 1 a 1.5 cm, con 6 aristas longitudinales y prominentes, en el fruto al realizar un corte transversal se observa el epicarpio, mesocarpio y endocarpio, al madurar la semilla el endocarpio de consistencia leñosa se abre bruscamente para dispersar las semillas y el epicarpio y mesocarpio se secan. El fruto tiene dehiscencia bícida, con una separación

de los tejidos a lo largo del nervio medio de cada lóculo del fruto y entre las separaciones entre los mismos (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

#### **f. Semilla**

La propagación vía sexual se realiza a través de la semilla botánica, para una reproducción asexual no es de importancia alguna, pero para estudios de fitomejoramiento es de altísima importancia para los estudios de obtención de cultivares genéticamente superiores. Una semilla tiene forma elipsoidal-ovoide con una longitud de 1 cm, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor, está formado por una capa externa (testa) de textura lisa, color café y moteados gris, seguido del endospermo formado por tejido parenquimático poliédrico cuyo rol es proteger y nutrir el embrión que se ubica en el centro de la semilla botánica. En la actualidad la semilla no tiene una importancia reproductiva relevante, pero en sí tendrá en el futuro. Existe un fenómeno llamado apomixis que consta en producir semillas sin la intervención de la reproducción sexual, muy común en pastos o forrajes, el embrión producido bajo este fenómeno es idéntico a la planta madre, y la excepción no son las especies del género de las mandiocas, tal acto de naturaleza brinda apreciables ventajas comerciales, los cuales se describen a continuación (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002):

- Durabilidad de la semilla bajo condiciones de almacén (1 o 2 meses más) comparado con la semilla vegetativa.
- Incremento significativo en la tasa reproductiva del material.

### **g. Sistema radical**

La raíz de yuca puede ser producida a partir de semilla sexual bajo esta reproducción se produce una raíz pivotante primarias y varias de segundo orden, aparentemente la raíz primaria evoluciona para originar una raíz reservante, mientras que una raíz producida mediante estacas las raíces son adventicias y se forma en la base con herida de la estaca y de las yemas de la estaca ubicas en el subsuelo, la importancia de producir raíces es por su capacidad de almacenamiento de almidón el cual le brinda el valor económico del cultivo hacia los productores. Las raíces al inicio presentan un sistema radical fibroso, que después (como máximo 10 raíces) inician su engrosamiento y se transforman en raíces tuberosas, el número de estas se forman en los inicios de crecimiento de la planta (2 a 4 meses), además presenta buen anclaje al suelo hasta 2.5 m las raíces fibrosas que le permiten absorber el agua y minerales (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

Las raíces delgadas son las que penetran el suelo y son ellas las que desarrollan raíz tuberosa, desde el cuello hasta el inicio de la raíz tuberosa la raíz permanece fibrosa, el cuello puede ser corto (menos de 1 cm) y largo (más de 8 cm de largo), el pedúnculo de la raíz depende de la profundidad de siembra siendo esta mayor a medida que aumenta la profundidad (CEBALLOS y DE LA CRUZ, 2002).

## **2.1.6. Condiciones edafoclimáticas**

### **a. Temperatura**

El factor temperatura es de suma importancia en el cultivo de yuca debido a que influye en la brotación, tamaño y producción de follaje, siendo un cultivo que se adapta a un amplio rango de temperatura, encontrándose la temperatura óptima entre 25 a 29 °C (CÁSSERES 1986, KUMARI *et al.*, 2016).

La planta de yuca, así como se adapta a un amplio rango de temperatura, tolera entre 16 a 38 °C, temperatura menor a los 16 °C afecta el crecimiento vegetativo, almacenamiento y engrose de las raíces, consecuentemente produciendo una baja en el rendimiento (KUMARI *et al.*, 2016).

### **b. Precipitación**

La precipitación óptima para la yuca está comprendida desde 750 a 2000 mm, es una planta con adaptación a áreas secas y húmedas prefiriendo lluvia bien distribuida, la capacidad de adaptarse a zonas secas le genera algunas desventajas en el crecimiento (disminución del follaje), anillos leñosos en las raíces tuberosas y el rendimiento baja significativamente, mientras en área humedad el problema es la pudrición de las raíces (LARDIZABAL, 2009).

### **c. Altitud**

El cultivo de yuca crece desde el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m, comprendida de la costa Caribe y Pacífico hasta las áreas montañosas del valle central; por otro lado, no se recomienda sembrar por encima de los 600 m.s.n.m debido que el ciclo vegetativo se prolonga (LARDIZABAL, 2009).

### **d. Fotoperiodo**

La yuca es una planta de fotoperiodo corto de 10 a 12 horas de luz/día, además es una planta que se adapta a fotoperiodos largos por su capacidad de actuar como C3 ó C4 (QUIRÓS y DE DIEGO, 2006).

### **e. Suelo**

La yuca es un cultivo que se adapta a una variedad de suelos, pero suelos pesados, gredosos, arcillosa, saturados y pedregales no permite optimizar el crecimiento y rendimiento de las raíces, mientras se desarrolla mejor en suelo arenosos, arcillosos pasando por el franco, con pH (4 a 7) y tolera niveles altos de Al y Mn. En suelos de Colombia (inceptisol, ultisol y oxisol) se reportan deficiencias de fosforo y bajos rendimientos en el cultivo de yuca (CADAVID, 2002).

**Cuadro 3.** Factores ambientales.

<b>Condiciones edafoclimáticas</b>	<b>Requerimientos</b>
Ciclo vegetativo (días)	230 – 260
Precipitación (mm)	500 – 2000
Altitud (msnm)	0 – 1800
Temperatura (° C)	25 – 32
Humedad relativa (%)	70 – 80
Pendiente (%)	15
Profundidad de suelo (m)	1
Suelos	Oxisoles, Vertisoles y ultisoles
Rango de pH	4 a 7

**Fuente:** CADAVID (2002).

La planta crece normal en suelos con pH ácido asociado con altos niveles de aluminio, no se ha observado reducción en los rendimientos de yuca en suelo con una saturación mayor al 80 % de aluminio en condiciones de campo (COCK, 1989).

La producción a menor escala se realiza con una labranza mínima o cero, que consta de una chapea, aplicación de herbicida y siembra, este tipo de sistema es utilizado para producir solo para consumo familiar y local (MAG 1991).

### **2.1.7. Extracción de nutrientes**

BERTSCH (2003), recopiló una base de datos de extracción total de la planta de yuca y propuso que las extracciones totales promedio para producir una tonelada de yuca son 5.1 kg/t de N, 0.6 kg/t de P y 5.2 kg/t de K. A su vez propone que en promedio una tonelada de raíz tuberosa extrae 1.4 kg de N, 0.4 kg de P y 2 kg de K.

La curva de extracción de nutrientes es una representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por el cultivo durante su ciclo de vida. Dicha extracción, depende del potencial genético o estado de desarrollo del cultivo, también existen factores ambientales que pueden afectar la extracción de nutrientes del cultivo. Por lo anterior es importante las curvas para cada variedad de cultivo y zona de producción. Las curvas de extracción de nutrientes es la vía más directa para saber lo que ocurre con los nutrientes durante el crecimiento de un cultivo. La curva se construye relacionando el peso seco de la planta entera o cada una de sus partes con la concentración de cada nutrimento en varios estados de desarrollo (BERTSCH, 1995).

RAMIREZ (1992), menciona que para elaborar una curva de extracción de nutrientes se debe seleccionar el cultivar y plantas tipo para el muestreo secuencial de biomasa. Estas plantas deben estar desarrollándose bajo las mismas condiciones. Además, se debe definir las etapas fenológicas más importantes del ciclo, tomar por lo menos tres muestras en cada etapa

fenológica previamente determinada, dividir las plantas muestreadas en sus diferentes tejidos morfológicos, medir el peso fresco de las muestras y enviarlas al laboratorio para la determinación de peso seco, humedad y contenido de nutrientes. Además, se debe calcular el peso seco promedio y el contenido promedio de nutrientes de las plantas muestreadas y determinar la cantidad de biomasa acumulada y cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo en gramos por planta. Por último, se debe graficar la curva de crecimiento (materia seca acumulada en cada etapa) y la curva de extracción de nutrientes (cantidades extraídas de cada elemento en cada etapa). La importancia de la curva de extracción, es que nos permite conocer la cantidad de nutrientes que la planta necesita para su crecimiento y desarrollo, además, permite conocer las épocas de aplicación de fertilizantes basándose en los momentos de máxima absorción en el ciclo de un cultivo, así mismo, mediante los análisis de absorción de nutrientes se puede explicar fisiológicamente las diferencias por efecto de un nutriente y se puede señalar más eficiente y específica la época de punto crítico.

#### **2.1.8. Fisiología**

La yuca está comprendida en cuatro fases fenológicas: emergencia de los brotes, desarrollo radicular, formación de tallo y hoja, engrosamiento y acumulación de almidón en las raíces tuberosas. La planta se encuentra desarrollada vegetativamente por completo hasta los tres meses de crecimiento, las hojas demoran 11 días aproximadamente en tener un

desarrollo completo, tienen una durabilidad de 60 a 70 días en variedades precoces y 85 a 95 días en tardías (MONTALDO, 1985).

A partir de los tres ó cuatro meses la planta empieza a translocar los nutrimentos a los órganos de almacenamiento (raíz tuberosa), retardando con ello el crecimiento aéreo tanto en tamaño con en formación de hojas por ápice (GUZMÁN y PÉREZ, 1992).

La planta tiene alta capacidad de rebrote después de ser cortados por lo que puede durar de dos y unos meses más, tiempo donde se puede obtener cortes trimestrales (GUZMÁN y PÉREZ, 1992).

Suelos con bajos niveles de fertilidad disminuye el índice de área foliar (IAF) aumentando el contenido de nutrimentos en el follaje, siendo esto utilizado maximizando para cubrir la necesidad alimentaria cuando está es poca, esta acción produce una disminución de la biomasa total por poco contenido de nutrientes (GUZMÁN y PÉREZ, 1992).

A comienzos del tercer y hasta el cuarto mes los niveles de nitrógeno, fosforo y potasio tienden a aumentar en las hojas y peciolo, mientras que el contenido de estos nutrientes primarios aumenta en el tallo y raíz luego del sexto mes (CADAVID, 2002).

### **2.1.9. Manejo del cultivo**

#### **a. Preparación de terreno**

La preparación del terreno es una labor previa a realizar antes de sembrar las estacas, por la ventaja que brinda de propiciar un colchón adecuado para la emergencia y producción de la planta, esta labor generalmente se realiza antes de la época lluviosa o a finales, en áreas donde existe poca precipitación pluvial es recomendable arar el terreno antes que acabe la época lluviosa para aprovechar la humedad del suelo y facilitar la labranza (OSPINA *et al.*, 2002).

Las camas deben tener por lo menos de 25 a 40 cm de profundidad, este se puede preparar con labranza convencional con arado de disco y rastra pesada o labranza vertical con arado de cincel rígido o vibratorio, con este último se descompacta el suelo dando mejor mullido y facilidad de trabajar. En área de terreno de textura arcillosa, pesada y precipitación mayor a 1 200 mm de lluvia, se deben hacer caballones (30 a 40 cm de alto) para facilitar el drenaje, acondicionar el establecimiento del cultivo y las labores de cosecha, así mismo se evita la pudrición de las raíces que afectan negativamente la producción e ingresos económicos del productor. En suelos arenosos, no se presenta muchos problemas de drenaje, excepto en algunas áreas del terreno. En los terrenos con relieves irregulares no se recomienda plantar yuca es decir cuando se tiene más de 15 % de pendiente; si es que se

va hacer realizar surcos en contorno para prevenir la erosión y aplicar otras prácticas de manejo del suelo (CADAVID, 2005).

### **b. Siembra**

La labor de siembra asexual se realiza una vez listo la preparación del terreno, el cual puede desarrollarse de manera manual y mecanizada (sembradoras), se debe tener en cuenta lo siguiente: estacas con 20 a 30 cm de largo, 5 a 6 nudos y enterrados a 10 cm de fondo a inicios de lluvia y se recoge a los 7 y 9 meses coincidiendo su cosecha con la escasez de alimento en época seca, el recojo de las raíces no es dificultoso y no genera mucho sobrecosto, con un sistema de siembra vertical se estimula la resistencia al volcamiento (COCK, 1989).

La estaca se puede insertar en las camas o camellones en tres posiciones diferentes: horizontal, vertical e inclinada, esta característica de posición no influye en el rendimiento final de la planta, la posición vertical favorece el crecimiento inicial y evita el volcamiento, sin embargo cuando la siembra es mecanizada se recomienda sembrar en posición horizontal para que las raíces crezcan separadas y facilitar la cosecha, otro factor a tener en cuenta es la distancia entre plantas depende de la variedad, fertilidad del suelo, época de siembra, topografía y clima, la distancia comunes son de 0.8x0.8m (15 625 plantas/ha) y 1x1m (10 000 plantas/ha). En cuanto a la siembra manual se requieren entre 6-8 jornales hectárea/día, se entierran a 5 a 10 cm de los 20 cm de la estaca, la polaridad de la estaca es sembrar en el sentido de

crecimiento de las yemas, tratando de dejar mayor número de ellas bajo el suelo (COCK y HOWELER, 1978).

Para la siembra mecanizada se utilizan maquinas especializadas sembradoras con dos líneas que sueltan los cangres o estacas a una distancia medida entre camellones o en plano y a una profundidad de 5 a 8 cm para esta labor se requieren dos operarios alimentaditos y el tractorista, y se siembran entre 5-7 hectáreas/día (CADAVID, 2005).

### **c. Densidades de siembra**

La densidad de siembra es un factor de producción que se ve determinada no solo por la fertilidad de suelo y variedad, sino también por las condiciones climáticas, uso de la cosecha y uso de maquinarias (PEREZ y LONDOÑO, 1975).

La distancia de siembra 0.3x0.3m (111, 000 plantas/ha) instalado con un buen material de potencial forrajero es capaz de producir 30 t/ha/año de materia seca haciendo cortes trimestrales. El factor densidad de siembra afecta negativamente el peso fresco individual de cada planta y positivamente la producción de forraje total por unidad de área. Aumentando el tiempo de corte de 3 a 5 meses, se incrementa de forraje de 20 a 23% y disminuyo el contenido de proteína cruda de 15% a 13%. El contenido de nutrientes en el forraje no se ve influenciado por la densidad de siembra, más bien por la fertilización y la frecuencia de corte (VENTURA y PULGAR, 1990).

#### **d. Fertilización**

En la agricultura convencional se acostumbra a sembrar la yuca sin el uso de fertilizantes, pero se sabe que la planta responde positivamente a la fertilización del cual se deduce que se puede optimizar el rendimiento usando prácticas de fertilización (HOWELER, 1981; CADAVID y HOWELER, 1984).

Según CADAVID y HOWELER (1982), mencionan que es necesario la implementación de un plan de fertilización adecuado y ajustado a las necesidades de cada región según sea su clase de suelo, grado de fertilidad, cultivar, clase de fertilizante. Las necesidades anteriores se deben tener en cuenta dado que la yuca está teniendo una tendencia creciente económica, altos requerimientos de nutrientes e intensificación del cultivo. Teniendo en cuenta lo mencionado la investigación sobre fertilización en yuca en muchas áreas del mundo y en varias regiones de Colombia, ha dado respuestas positivas y altamente significativas, especialmente a fósforo y potasio (CADAVID, 1988).

El orden de extracción de nutrientes es de la siguiente manera  $K > N > Ca > Mg > P$ . En algunas partes del mundo existe suelos con fertilidad alta donde no es necesario la fertilización, caso contrario ocurre en suelos con bajos niveles de fertilidad donde se recomienda aplicar fertilizantes químicos y orgánicos, para reponer los nutrientes faltantes, que de no hacerlos ocasionara rendimientos bajos y baja calidad del producto. Durante los dos primeros

meses es lenta la absorción y acumulación de nutrientes incrementándose a partir del segundo hasta el quinto mes, luego se mantiene constante o tiende a decrecer hasta el final del ciclo de vida de la planta. La extracción de nutrientes en promedio 4.42 kg/ ha de N; 0.67 kg/ha de P; 3.58 kg/ha de K; 1.36 kg/ha de Ca; 0.82 kg/ha de Mg y 0.42 kg/ha de S, que corresponde a una extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas en toda la planta. La aplicación de enmiendas calcáreas como  $\text{CaCO}_3$  no debe excederse más de 1 tonelada, puesto que presenta resultados negativos produciendo la destrucción de la estructura del suelo, acelera la descomposición de la materia orgánica y tiene efecto antagónico sobre el Fe, Mn, Zn, B y Cu (CADAVID, 2011).

Antes de instalar el cultivo se recomienda realizar un análisis físico-químico para tener un eficiente y oportuno plan de fertilización, en términos amplios se aplica 6 sacos de 45 kilos de 12-24-12 o 10-30-10 por  $\text{ha}^{-1}$ , realizar la primera aplicación cuando ocurre la mayoría de la brotación cerca de los 22 días después de la siembra, la segunda aplicación se realiza tres meses después de la brotación se recomienda aplicar seis sacos de 45 kg de 15-3-31 o 18-5-15-6-2 por  $\text{ha}^{-1}$ . Esta última fertilización puede hacerse fraccionada en dos aplicaciones con un mes entre ellas, para un mejor aprovechamiento del fertilizante (MAG, 1991).

Según CADAVID (1997), ensayos realizados en suelos colombianos como Tolima, llanos orientales, Santanderes, valle del cauca, cauca y costa atlántica, se identificó que el elemento crítico en la producción de raíces es el potasio (CADAVID, 1997). Cuando se cultiva continuamente por

largos periodos el K se acaba, para una producción de 15 t/ha extrae de N: 66.3 Kg, P: 10.1 Kg, K: 53.7 Kg, Ca: 20.4 Kg; Mg: 12.3 Kg (CUADRADO *et al.*, 2006). En el cultivo de yuca la ausencia de deficiencia de macronutrientes, indica que los problemas nutricionales no son importantes, a veces suele confundirse la deficiencia de zinc con algunos síntomas causados por enfermedades y trips. (CADAVID, 2002).

**Cuadro 4.** Niveles críticos para la fertilidad de suelos dedicados al cultivo de la yuca.

pH	Saturación de Al	P	K	Ca	Mg	Zn	S
	(%)	(ppm)	Cmol (+)/kg		(ppm)	(ppm)	
4	80	7	0.15	0.25	0.12	1	8
8		10	0.17				

Fuente: HOWELER y CADAVID (2002).

#### **e. Riego**

Para tener una eficiente brotación de las estacas es necesario tener una humedad adecuada del suelo, se recomienda un riego antes y después de la plantación con norma de riego de 200 a 300 m<sup>3</sup>/ha en función del suelo y con intervalos de 12 a 15 días en suelos negros y 10 a 12 días en suelos rojos con norma de 4 a 5 riegos, si se desea seguir regando el área se debe de seguir los mismos intervalos y normas hasta los 120 a 135 días de

realizada la plantación (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE VIANDAS TROPICALES, 2008).

#### **f. Control de malezas**

El control de las malezas es de suma importancia en la yuca durante los 15 días después de la emergencia de los brotes, descuidar su control en ese periodo produce reducciones drásticas en el rendimiento (HOMEN, 1984). Al respecto QUIÑONES *et al.*, (1982) en su ensayo de eficiencia de herbicidas obtuvo como mejor tratamiento al fluometuron con 2.56 kg de i.a/ha con un rendimiento de 39.587 t/ha, este resultado coincide con lo obtenido por los autores (RODRÍGUEZ, 1981a; RODRÍGUEZ, 1981b; BARRIOS, 1985; CROVETO, 1992), quienes recomiendan al fluometuron solo o en mezclas con metolacloro o el alacloro para el control de malezas.

Durante los 60 días después de la siembra se debe tener sumo cuidado de la presencia de las malezas gramíneas y hoja ancha, dado que producen reducciones del rendimiento en un 50 %, a causa de la competencia de agua, luz y nutrientes principalmente, la labor de control se puede realizar manual, mecánico o químico (ANGULO, 2001).

El control manual se realiza en parcelas pequeñas con implementos manuales simples, para ello se utiliza de 10 a 15 jornales/ha/día, se recomienda realizar deshierbo cuantas veces sea posible hasta que la planta cierre el área libre donde crecen las malezas e inhibiendo su crecimiento

por la falta de incidencia solar, realizar cuando existe disponibilidad de mano de obra y a bajo costo (CALLE, 2002).

El control mecánico se realiza a los 15 a 30 días después de la brotación con cultivadoras rotativas y ganchos tiradas por animales y tractores que limpian las hileras y caballones (CALLE, 2002).

El control químico de las malezas se puede realizar con una mochila (20 litros) o una bomba acoplada a tractores (600 a 1000 litros), para ello se puede utilizar herbicidas preemergentes que controla la emergencia de las malezas en 45 a 50 días, los que sobran controlarlos con un herbicida posemergente acompañado de control manual. La elección correcta del herbicida debe realizarse observando la presencia de las malezas antes de la preparación del terreno. El momento de aplicar los herbicidas es cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo, facilitando la penetración del herbicida en el suelo. Para tener un eficiente control de la maleza es necesario integrar los métodos de control de las malezas dado que su lento crecimiento inicial permite el desarrollo vigoroso de estas (CALLE, 2002).

#### **g. Control de enfermedades**

La planta de yuca es ataca por varias enfermedades bacteriana y fúngicas, dentro de ellas tenemos a los más recurrentes la mancha de anillos circulares de la hoja (*Phoma sp.*), antracnosis (*Glomerella manihotis*), la mancha parda de la hoja (*Cercosporidium henningsii*), alargamiento (*Sphaceloma manihoticola*), mancha angular de la hoja (*Xanthomonas*

*campestre* pv. *cassavae*), cenicilla (*Oidium manihotis*), roya de la yuca (*Uromyces spp.*), añublo pardo fungoso (*Cercospora vicosae*), añublo bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), necrosamiento del tallo (*Glomerella cingulata*), pudrición seca del tallo y la raíz (*Diplodia manihotis*), pudrición bacteriana del tallo (*Erwinia carotovora* pv. *carotovora*), pudrición radical (*Phytophthora sp.*, *Rosellinia spp.* y *Pythium spp.*), mosaico común de la yuca (*Potexvirus*) y el cuero de sapo (fitoplasma). Como método de control preventivo para estas enfermedades se indica la utilización de material vegetativo sano de plantaciones sanas provenientes de enraizamiento de brotes y cogollo, cultivos de meristema, suelos sueltos y fertilizados entre otros. Por último, como medidas de control se debe disminuir el exceso de humedad en la plantación, el uso de fungicidas específicos para una enfermedad, eliminar plantas enfermas, evitar el movimiento de personas, máquinas y animales de lotes afectados a lotes sanos y eliminación del material afectado después de la cosecha, esto es, quemar ramas y tallos y residuos de cosecha (ÁLVAREZ y LLANO, 2002).

#### **h. Cosecha**

La cosecha es la última labor de la etapa del cultivo que puede realizarse de manera manual o mecanizada, el cual está determinado por el contenido de materia seca, calidad culinaria, clima y madurez del cultivo, se necesita 25 a 30 jornal/ha/día para un rendimiento de 25 a 30 t/ha, sin duda esta labor requiere de alta demanda de costos por la mano de obra. En general, la cosecha de la yuca es más simple si se ha plantado el cultivo en

caballones y más difícil si está en plano. Así pues, la extracción de raíces es más fácil en un suelo arenoso que en un suelo arcilloso. Esta labor del cultivo se debe planear antes de la siembra, así se ejecute de manera manual o mecanizada, para de esta manera facilitar la cosecha (OSPINA *et al.*, 2002).

## **2.2. Variedades de yuca en estudio**

### **2.2.1. Variedad Señorita**

La planta de yuca de esta variedad presenta tallo vigoroso y de entrenudos cortos de color verde a amarillo, yemas de color amarillo a rosado, hojas adultas con nervios y peciolo ligeramente rosados y en hojas jóvenes los peciolo son rojos por la parte superior y verde a rojo por la parte inferior. Tiene un porte erecto, no ramificada o poco ramificada y la raíz corta con color de pulpa blanco y 8 a 12 raíces por planta, bastante superficiales. El ciclo es largo, más de 10 meses (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE VIANDAS TROPICALES, 2008).

### **2.2.2. Variedad Chaucha**

Es una planta de tallo verde con líneas rojas en la juventud y color pardo en la adultez, una altura de 2.5 m, con dos o tres ramas el eje central, la hoja es globosa rojo purpura y el peciolo también de 20 a 25 cm, limbo palmatohendido, de 5 a 8 lóbulos abovados con las siguientes características base auriculada, ápice atenuado, margen entero, haz morado y verde claro y el envés mide de 19 a 22 cm, además la nervadura principal haz morado y envés

rojo claro, cicatriz foliar moderadamente prominente, distancia internodal de 20 a 24 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Con respecto a la flor femenina y masculina, sépalos rosados de 7 mm, ovario de 3 mm morado verdoso, estambres amarillos de 7 mm, respectivamente, y el fruto morado verdoso con 1,5 cm de diámetro y seis aristas rojas. Presenta un ciclo de vegetativo de 8 a 12 meses de edad, pasada esta edad las raíces se ponen duras y sufre un escaso ataque de insectos y enfermedades. Tiene una producción de raíces frescas: 11.313 t/ha (INGA y LOPEZ, 2001).

### **2.3. Generalidades de los suelos tropicales ácidos**

Los suelos tropicales ácidos se desarrollan en estrecha relación con las condiciones edafoclimáticas en los que la abundante precipitación pluvial lixivia mayormente las bases cambiables del suelo (Ca, Mg, K y Na); degrada el suelo por la acidificación progresiva, principalmente al aluminio cambiante y reacciones de intercambio catiónico (KAMPRAT, 1967; ESTRADA *et al.*, 1973; ESTRADA y CUMING, 1978).

El aluminio está presente en suelos ácidos como ion trivalente cambiante, rodeado de seis moléculas de agua cuando es desplazado de los sitios de cambio, hacia la solución del suelo o aun en los mismos sitios de cambio, recibiendo el nombre de aluminio hexahidratado y que en presencia de CO<sub>2</sub> se hidrolizan, estos son absorbidos como hidróxidos simples  $Al(OH)_3$ ,  $Al(OH)_2^+$ , monómeros y formando compuestos con un gran número de átomos y

por lo tanto de gran masa, que se encuentran en los espacios interlaminares de los minerales de arcilla (ESTRADA *et al.*, 1973; FASSBENDER, 1986).

La arcilla fija o absorbe al aluminio activo en un suelo ácido, el cual se encuentra en balance con las de la solución suelo donde puede ser tomado produciendo problemas de toxicidad (ESTRADA y CUMING, 1978; TAMHANE *et al.*, 1979).

Es importante conocer la importancia y la diferencia entre la acidez total y la cambiante titulable. La acidez cambiante, pero no titulable, actúa como una fuente de reserva del aluminio liberado en el suelo, de manera que, cuando el suelo es encalado, se neutraliza el aluminio cambiante trivalente; pero se pueden presentar problemas con el desarrollo de nuevas fuentes de acidez a partir de esa reserva. En este caso no solo se necesitará neutralizar la acidez cambiante, sino también la no intercambiante, aunque en un tiempo mayor (KAMPRAT, 1967).

La alta solubilidad del aluminio ( $Al^{+3}$ ) oscila alrededor de pH 4.5, bajo esta situación el ion aluminio puede ser asimilado rápidamente por las raíces de las plantas, que llega a ser tóxico para las mismas. Se presenta baja solubilidad del aluminio dentro del rango de pH 5.5 a 7.5, siendo precipitado y permanece relativamente insoluble como  $Al(OH)_3$  (KAMPRAT, 1967; ESTRADA y CUMING, 1978).

## **2.4. Fertilizantes utilizados en el estudio**

### **2.4.1. Nitrato de amonio (33% N)**

Es un fertilizante que brinda ambas formas asimilables de nitrógeno por el suelo 50 % de amonio y 50 % de nitrato. Cada uno de estas formas es asimilado en por la planta, por ejemplo, el nitrato se encuentra soluble en el agua y es tomado por las raíces, mientras que el amonio es tomado por las raíces o pasa a un proceso llamado nitrificación, por microorganismos del suelo. Es un fertilizante que presenta menos pérdida de volatilización que la urea cuando se aplica al suelo, además es un fertilizante adecuado para aplicaciones de riego por su alta solubilidad, así mismo se puede mezclar con otros fertilizantes de uso común pero no puede soportar periodos largos de almacenaje por su capacidad de absorber la humedad del aire que deteriora sus propiedades (IPNI, s/a).

### **2.4.2. Superfosfato triple de calcio (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

El superfosfato triple de calcio se obtiene de la reacción de la roca fosfórica con ácido sulfúrico o fosfórico, o bien la mezcla de ellos dos, tiene 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y es 80 % soluble en agua. Tiene una amplia función en planta división y crecimiento celular, almacenamiento y transferencia de energía, respiración, fotosíntesis. El fosforo tiene efecto en la calidad de las frutas y granos, es vital para la formación de las semillas, una ausencia de este elemento produce atraso en la madurez del fruto. Es un fertilizante que tiene poca solubilidad y es estable en el suelo, por la tanto no tiene pérdidas de

lixiviación, es fuente principal de fósforo y secundario de calcio, como fosfato de calcio es menos soluble que el DAP y el MAP sin embargo la absorción de este nutriente es de 80 a 90 % debido a las variaciones del pH y temperatura del suelo. De acuerdo a su estabilidad en el suelo se aprovecha el método y la profundidad de aplicación dependiendo del cultivo, esto es colocarlo cerca del área de absorción de las raíces. En pH de 6 a 7 el fósforo es más soluble y disponible, mientras que la disponibilidad de calcio depende del intercambio de cationes, capacidad buffer del suelo y del pH, en suelos de reacción moderadamente ácida la disponibilidad es rápida, en suelos pH elevado o alcalinos se pueden formar precipitados óxidos de Calcio y por ende su disponibilidad disminuye (FERTINOVA, s/f).

### **2.4.3. Cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O)**

El cloruro de potasio es un fertilizante salino granulado, que se puede utilizar en mezcla física con otros fertilizantes, el cloruro tiene efecto negativo en cultivos de tabaco y frutales de hoja caduca, la aplicación de este se puede realizar en bandas sobre la superficie del suelo debido a su fuerte efecto salino recomendamos no colocar junto a semillas ni plántulas germinadas, por su efecto de fitotoxicidad. Este fertilizante tiene cierta utilidad en sistema de fertirriego por su alta solubilidad, pero se debe tener cuidado en su presentación por el contenido de impurezas que trae (YPF, 2018).

## 2.5. Trabajos de investigación realizados

En Colombia RAMIREZ (1978), en su trabajo de investigación sobre el efecto de la fertilización en el cultivo de yuca clon CMC 92, reporto mayor rendimiento a 40 t/ha con la fórmula de abonamiento 100-44-83 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, en el municipio de Popayán y Cauca.

En Colombia (HOWELER, 1981; CADAVID y HOWELER (1982) cita cómo en un Ultisol de los municipios de El Tambo, Mondomo y Santander de Quilichao, Cauca, se obtuvo un rendimiento promedio de 4.4 t/ha sin fertilizar, mientras con una fertilización química de 100-87-125 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O con el cultivar Llanera se obtuvo alentadores rendimientos.

CADAVID y HOWELER (1982), en su ensayo experimental evaluó el efecto de la fertilización y su efecto residual en suelos de Santander de Quilichao y Cauca, obtuvieron con 75 a 100 kg/ha de nitrógeno un rendimiento mayor a 30 t/ha en promedio, además observó que, las aplicaciones moderadas de nitrógeno (50 a 100 kg/ha) aumentan los rendimientos, mientras que aplicaciones mayores los reducían, en Oxisoles de los llanos Orientales de Colombia (Meta).

CADAVID (1988), en su investigación reporta cómo en suelos de Santander de Quilichao, Mondomo, Pescador y Popayán, Cauca, con nitrógeno entre 50 y 200 kg/ha, se registró que la mayor productividad se produjo con 50 kg/ha, descendiendo el rendimiento con aplicaciones mayores, excepto en

suelos de Popayán en donde con 100 kg/ha se obtuvieron los mayores rendimientos.

En Iquitos REATEGUI (1986), evaluó el “Efecto de los factores variedad y densidad de siembra en el rendimiento de yuca, empleando clones Señorita y Tres mesinos, obtuvo en sus resultados diferencias no significativas para el rendimiento, obteniendo 2.2 y 1.3 kg por planta debido a efectos de la variedad. Además, en sus resultados menciona el componente de producción número de raíces, siendo la variedad tres mesinos (10 en promedio) mayor en el número de raíces con respecto a la variedad señorita (8 en promedio).

En Pucallpa LINARES (2012), en su trabajo de investigación “Comparativo de rendimiento de raíz reservante en siete cultivares de yuca en un suelo ultisols” empleando los cultivares Contamanina, Señorita, Libre N° 04, Palo Verde, Palo Morado, NN 98 – 01 y Tres mesinos. En sus resultados obtuvo que cada cultivar presentó un desarrollo fenotípico específico, con respecto en el número de tallo, longitud del peciolo, ancho y largo del lóbulo, altura de planta y ramificación. Además, en el número de raíces reservantes no presentaron significancia estadística y en las características de calidad de la raíz como es la longitud de la raíz el cultivar Palo verde alcanzó mayor longitud con 33.14 cm y para el diámetro de raíz el cultivar Señorita, Palo Verde y Palo Morado alcanzaron los mejores valores. Con respecto al peso de raíz por planta y rendimiento de raíz el cultivar Señorita alcanzó los mejores resultados con 2.69 kg/planta de raíz y 17.97 t/ha.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución del experimento**

##### **3.1.1. Ubicación**

El área de instalación de la investigación se ubicó en la localidad de Supte San Jorge en el terreno de la Sra. Norma Polinar Reyes, situada a 6 km de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, teniendo coordenadas UTM de: 394401.48 m este, 8973424.69 m norte, y con una altitud de 672 msnm.

##### **3.1.2. Zona de vida**

El distrito de Rupa Rupa se ubica en una clasificación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh – PST) (INRENA, 1994).

##### **3.1.3. Condiciones climáticas**

De acuerdo al SENAMHI (2017), Tingo María presenta una precipitación anual de 3200 mm, con una temperatura media de 24.20 °C, con una humedad relativa media de 80%.

##### **3.1.4. Historial del área experimental**

El área experimental donde se ejecutó el trabajo de investigación fue un terreno ex cocal degradado que al momento de la preparación del terreno presento macorilla, rabo de zorro y kudzu.

### 3.1.5. Datos climatológicos durante la ejecución del trabajo de investigación

En el reporte climático comprendido desde el 19 de febrero hasta el 19 de octubre del 2019 que fue el período de duración del desarrollo de la investigación (Cuadro 5), se obtuvo un promedio de temperatura máxima de 30.59 °C, temperatura mínima de 20.56 °C y temperatura media de 25.58 °C, además con un promedio de humedad relativa de 83.63%, con una precipitación mensual de 204.79 mm y con 164.7 horas sol.

**Cuadro 5.** Datos climatológicos durante el desarrollo de la investigación.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Horas sol
	Máxima	Mínima	Media			
Febrero	29.6	21	25.3	84	159.1	92.5
Marzo	30.2	21	25.6	85	500.9	123.3
Abril	30.5	21.2	25.8	84	212	141.7
Mayo	31	20.9	25.9	84	214.2	181.4
Junio	30.8	20.4	25.6	84	128.2	200.4
Julio	30	20.2	25.2	84	230.6	189.2
Agosto	31.2	19.3	25.3	82	64.5	223.8
Septiembre	31.4	20.5	25.9	82	128.8	165.3
<b>Promedio</b>	<b>30.59</b>	<b>20.56</b>	<b>25.58</b>	<b>83.63</b>	<b>204.79</b>	<b>164.7</b>

**Fuente.** Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones UNAS (2019).

### 3.1.6. Análisis físico-químico del suelo del área experimental

El área de terreno donde se desarrolló el trabajo experimental consta de las siguientes características físico-químicas (Cuadro 6):

- En el parámetro físico se tiene que es un suelo de textura franco arcillo limoso.
- En el parámetro químico presenta un pH de 4.2 considerada como extremadamente ácido, nivel medio de materia orgánica (2.17%) y nitrógeno (0.1%), nivel bajo de fósforo (4.21 ppm) y potasio (75.47 ppm), calcio cambiante (1.38 Cmol(+)/kg) y magnesio cambiante (0.85 Cmol(+)/kg) con una relación de Ca/Mg 1.62 valor que está lejos de la relación óptima, con lo que se podría presentar problemas de deficiencias, además el aluminio cambiante (7.0 Cmol(+)/kg) y el hidrógeno cambiante (0.5 Cmol(+)/kg), haciendo una CIC<sub>efectiva</sub> de 9.73 ubicándose en un nivel medio, también se tiene los porcentajes de bases cambiantes (22.95%), acidez cambiante (77.05%)
- Además, la saturación de aluminio alcanzó un valor de 71.91%, con respecto a este indicador se tiene un valor aproximado al valor del nivel crítico para este cultivo, siendo el nivel crítico de saturación de aluminio 80%, tal como lo menciona HOWELER y CADAVID (2002).

**Cuadro 6.** Propiedades físicas y químicas del suelo en la parcela experimental.

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Método analítico</b>
<b>Análisis físico</b>		
Arena (%)	27	Hidrómetro
Arcilla (%)	30	Hidrómetro
Limo (%)	43	Hidrómetro
Textura	Franco arcillo limoso	Triangulo textural
<b>Análisis químico</b>		
pH (1:1) en agua	4.20	Potenciómetro
M.O. (%)	2.17	Walkey y Black
N-total (%)	0.10	%N=% M.O x 0.05
P disponible (ppm)	4.21	Olsen modificado
K disponible (ppm)	75.47	Acetato de amonio 1N pH 7
Ca cambiable (Cmol(+)/kg)	1.38	KCL 1 N
Mg cambiable (Cmol(+)/kg)	0.85	KCL 1 N
Al cambiable (Cmol(+)/kg)	7.00	Yuan
H cambiable (Cmol(+)/kg)	0.50	Yuan
Acidez cambiable (%)	77.05	(Al + H/CICe)*100
CIC <sub>e</sub> (Cmol(+)/kg)	9.73	Suma de cationes

**Fuente:** Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

### **3.2. Componentes en estudio**

El presente trabajo de investigación tuvo los siguientes componentes en estudio:

#### **A. Fórmulas de fertilización (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)**

$a_1 = 0-0-0$  (Testigo absoluto)

$a_2 = 50-30-60$

$a_3 = 100-60-120$

$a_4 = 150-90-180$

$a_5 = 200-120-240$

#### **B. Variedades de yuca**

$b_1 =$  Variedad Señorita

$b_2 =$  Variedad Chaucha

### **3.3. Tratamientos en estudio**

La investigación experimental estuvo formada de 10 tratamientos obtenidos de las interacciones de los niveles de los factores A (Fórmulas de fertilización N-P-K kg/ha) y B (Variedades de yuca), el cual se observa en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Combinación	Descripción	
		Fórmulas de fertilización (kg N- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup> )	Variedad
T <sub>1</sub>	(Testigo) a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	Señorita
T <sub>2</sub>	(Testigo) a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	Chaucha
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	50-30-60	Señorita
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	50-30-60	Chaucha
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	100-60-120	Señorita
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	100-60-120	Chaucha
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	150-90-180	Señorita
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	150-90-180	Chaucha
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	200-120-240	Señorita
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	200-120-240	Chaucha

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4. Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo el Diseño de Bloques al Azar (DBCA) con 5A X 2B factores obteniendo 10 tratamientos incluido el testigo absoluto y con cuatro bloques o repeticiones. El Modelo Aditivo Lineal (MAL) que se utilizó en este trabajo de investigación estuvo representado de la siguiente forma:

$$Y_{IJK} = \mu + \alpha_I + \beta_J + (\alpha\beta)_{IJ} + \delta_K + \varepsilon_{IJK}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la observación obtenida en la unidad experimental con respecto al k-ésimo bloque, donde se aplicó la j-ésimo variedad de yuca y el i-ésimo fórmula de fertilización.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_I$  = Efecto del i-ésimo fórmula de fertilización

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo variedad de yuca.

$(\alpha\beta)_{IJ}$  = Efecto de la combinación del j-ésimo variedad de yuca con el i-ésimo fórmula de fertilización.

$\delta_K$  = Efecto del k-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto al azar del error experimental obtenido en la K-ésimo bloque sujeta a la aplicación del i-ésimo fórmula de fertilización con el j-ésimo variedad de yuca.

Para:

i = 1, 2, ..., 5 fórmulas de fertilización.

j = 1, 2 variedades de yuca

K = 1, 2, 3, 4 bloques

### 3.4.1. Análisis estadístico

Las características biométricas y el rendimiento obtenido fueron sometidos al análisis de variancia ( $\alpha=0.05$ ) y a la prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), para determinar si existe diferencias estadísticas entre los tratamientos (CALZADA, 1982).

**Cuadro 8.** Esquema del análisis estadístico.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L.</b>
Bloques	3
Tratamientos	9
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4
B (Variedades de yuca)	1
Interacción entre el factor A x factor B	4
Error experimental	27
<b>Total</b>	<b>39</b>

### 3.5. Características del campo experimental

#### a. Dimensiones del campo experimental

Largo	:	40 m
Ancho	:	23 m
Área Total	:	920 m <sup>2</sup>

#### b. Bloques

Cantidad de bloques	:	4
Longitud de bloque	:	40 m
Ancho de bloque	:	5 m
Área del bloque	:	200 m <sup>2</sup>
Espaciamiento entre bloques	:	1 m
Números de espacios entre bloque	:	3

#### c. Parcelas

Parcelas/bloque	:	10
Cantidad total de parcelas	:	40
Longitud de la parcela	:	4 m
Ancho de la parcela	:	5 m
Área de la parcela	:	20 m <sup>2</sup>
Área de parcela/bloque	:	200 m <sup>2</sup>

Área de la parcela neta : 6 m<sup>2</sup>

**d. Hileras**

Número de hileras/parcela : 5

Número de hileras/bloque : 50

Número total de hileras/experimento : 200

**e. Golpes**

Número de golpes/hilera : 4

Número de golpes/parcela : 20

Número de golpes/bloque : 200

Número de golpes/experimento : 800

**f. Estacas/variedad**

Número de estacas/golpe : 1

Número de estacas/hilera : 4

Número de estacas/parcela : 20

Número de estacas/bloque : 200

Número de estacas/experimento : 800

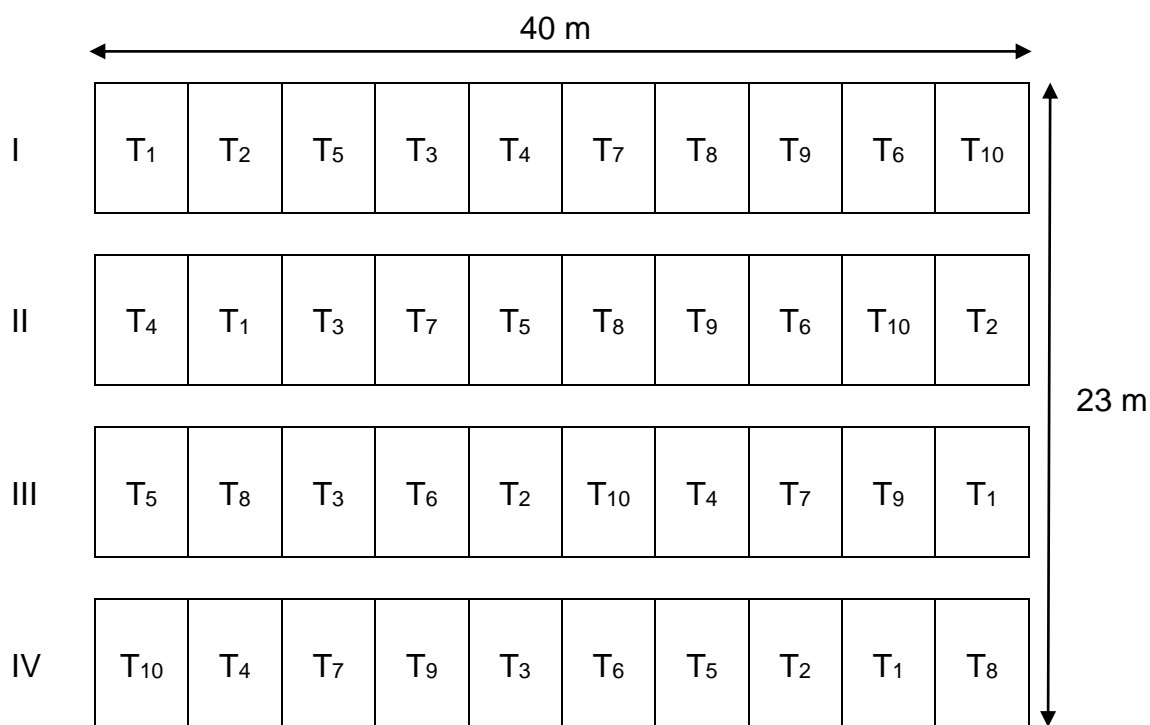
**g. Distanciamiento de siembra**

Entre estacas de yuca : 1 m

Entre hileras o surcos : 1 m

**h. Croquis del área experimental**

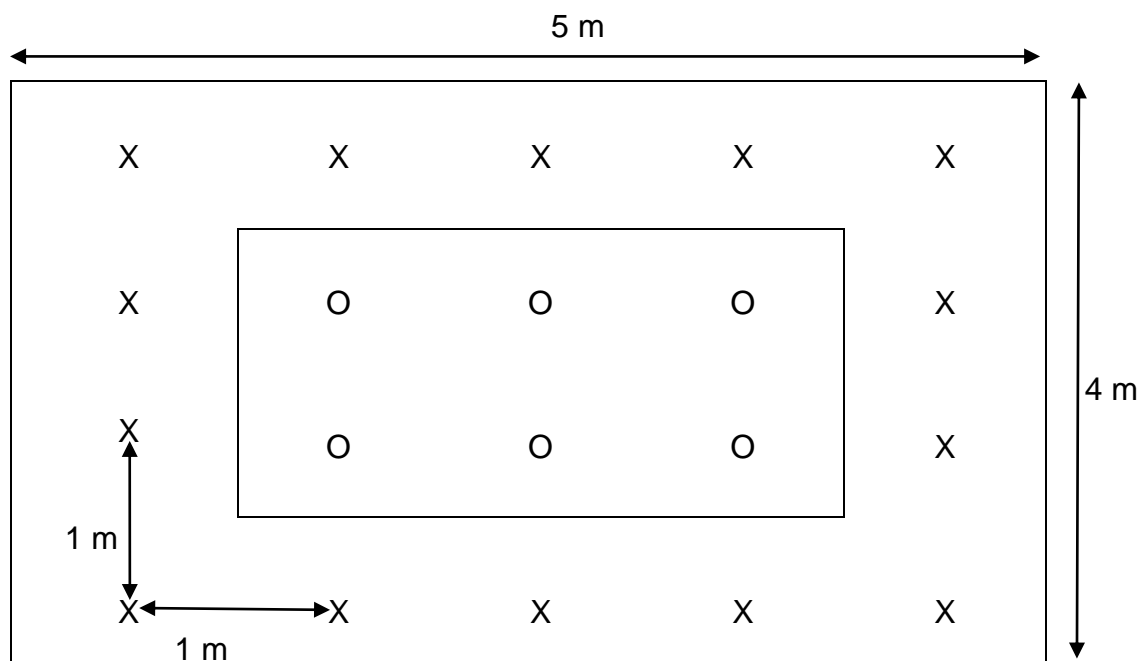
El establecimiento de los tratamientos dentro de los bloques (Figura 1) fue determinado al azar por medio del método de la tómbola por ser muy práctico de aplicar.



**Figura 1.** Croquis del campo experimental.

### i. Unidad experimental

El croquis de la unidad experimental está de acuerdo al distanciamiento de siembra del presente trabajo de investigación (Figura 2); se utilizó a 14 plantas de yuca que cumplieron la función del efecto de borde, mientras que hubo un conjunto de 6 plantas que se sembraron específicamente para realizar las mediciones de las variables dependientes o variable respuesta.



**Figura 2.** Croquis de la unidad experimental de acuerdo al distanciamiento de siembra.

**Leyenda:** X: Plantas de borde

O: Plantas evaluadas del área neta

**Área neta:** 6 m<sup>2</sup>

### **3.6. Ejecución del experimento**

#### **3.6.1. Selección y preparación del terreno**

Con la debida anticipación se procedió a seleccionar el terreno (purma) que hace 2 años tenía sembrío de coca, presenta un 8 a 10% de pendiente, posteriormente, se realizó el rozo, tumba y quema de la purma, para dejar el terreno listo a trabajar.

#### **3.6.2. Muestreo del suelo**

Se realizó extrayendo sub muestras de 20 cm de profundidad del suelo en toda el área experimental en forma de zig zag, para ello se utilizó una pala recta, obteniendo luego una muestra homogénea de 3 kg colocándose a la sombra para el secado, luego se procedió al mullido y tamizado, posteriormente se llevó una muestra de 1 kg de suelo para su respectivo análisis físico-químico en el laboratorio de suelos de la UNAS.

#### **3.6.3. Demarcación del campo experimental**

El alineamiento se realizó en función al croquis del experimento estructurado y según tratamientos con las medidas previamente establecidas, utilizándose para ello herramientas agrícolas como: wincha, jalones, cordel, cal de construcción, machete, entre otros.

#### **3.6.4. Volteado del terreno**

El terreno representado por la parcela experimental se preparó utilizando herramientas agrícolas como pico y pala realizando dicha actividad de forma manual removiéndolo a una profundidad de 30 cm, hasta conseguir un buen mullido del suelo, y quede apto para la instalación de las estacas, facilitando la brotación y crecimiento de la planta.

#### **3.6.5. Aplicación de material encalante**

Se aplicó 80 kg/experimento de cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en las camas que equivale a 869.56 kg/ha, una semana antes de la siembra, siendo para la yuca la cantidad máxima de cal a aplicar no mayor a 1 t/ha, se utilizó este material con el propósito de corregir la acidez, disminuir la disponibilidad de aluminio y aumentar la disponibilidad de nutrientes del suelo.

#### **3.6.6. Preparación de surcos/parcela**

Cada uno de los surcos se hizo con azadón y pala recta, dejándolo en forma de cama a un distanciamiento de 1.0 m con un total de 5 surcos por parcela y a una profundidad de 25 cm en cada uno de los surcos.

#### **3.6.7. Obtención de las estacas**

Las estacas de la variedad señorita y chaucha se obtuvo de una plantación de yuca de Campo Verde y de una parcela ubicada en Río frío (Aucayacu) respectivamente, las estacas provenientes de campo verde fue

comprado seleccionado (con 8 nudos, 20 cm de largo y semimaduros) y las estacas provenientes de Rio frio fue obtenido de plantas sanas, vigorosas, de la misma edad (8 meses), así mismo se procedió con un machete pequeño realizando dos cortes a ambos lados del tallo principal y luego se procedió a cortar con machete pequeño a ambos lados las estacas con una medida de 20 cm, 6 a 8 nudos o yemas de donde brotó el nuevo tallo y dio origen a la nueva planta, se utilizó un total de 800 estacas (400 estacas por variedad), más un 10% para el recalce.

#### **3.6.8. Desinfección de las estacas**

Las estacas obtenidas se prepararon antes de la instalación en campo definitivo, para lo cual se sumergió en una solución de Homai (Thiophanate-Methyl 50% + Thiram 30%) a dosis de 1 g/L/10 minutos, esto se hizo con fines de reducir el ataque de hongos perjudiciales en la brotación y crecimiento de la futura planta.

#### **3.6.9. Siembra de estacas**

Se sembró el 19 de febrero del 2019, durante la fase lunar de cuarto creciente, mediante el método cuadrado 1 x 1 m entre planta y surco, para ello se utilizó una estaca por golpe el cual fue introducido en forma inclinada ( $45^{\circ}$ ) en la cama a una profundidad de 10 cm aproximadamente dejando un nudo o yema fuera del suelo, en esta labor de sembró 400 estacas de cada variedad Señorita y Chaucha, haciendo un total de 800 estacas sembradas.

### **3.6.10. Labores culturales**

#### **a. Resiembra**

Se realizó a los, 10 días después de la siembra en aquellas estacas que no brotarón; solo se recalzó un 10 % de las estacas en el experimento.

#### **b. Deshierbo**

Los deshierbos se realizarón manualmente utilizando azadón para las calles y para el bordo de las plantas se desmalezó con las manos para evitar daños mecánicos a las raíces, esta actividad se realizó con una frecuencia de mensual iniciando desde la siembra hasta la cosecha.

#### **c. Fertilización**

Se realizó en base a la extracción de N-P-K considerando toda la planta y, el reporte de nutrientes del análisis físico-químico del suelo, para una tonelada por hectárea de raíces fresca extrae de N, 5.1, de P 0.6, de K 5.2 en kg/ha BERTSCH (2003), posterior a esto se estableció las fórmulas de abonamiento.

**Cuadro 9.** Momentos de aplicación del nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio.

<b>Momento</b>	<b>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (33%N)</b>	<b>SFT<sub>Ca</sub> (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	<b>KCL (60% K<sub>2</sub>O)</b>
A la plantación	-	Todo	-
Al mes	½	-	½
A los dos meses	½	-	½

**Fuente:** Elaboración propia.

La fertilización nitrogenada se realizó en forma dirigida al mes de la siembra a unos 10 cm de las estacas para evitar posibles quemaduras, correspondiendo a la primera fracción y la segunda fracción se aplicó a los dos meses de la siembra, para las cantidades de 50, 100, 150 y 200 kg de N/ha.

La fertilización fosforada consistió en las cantidades de 30, 60, 90 y 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, los cuales se aplicaron de forma dirigida todo al momento de la siembra a 10 cm de las estacas.

La fertilización potásica consistió en las cantidades de 60, 120, 180 y 240 kg de K<sub>2</sub>O/ha, se realizó en forma dirigida al mes de la siembra a unos 10 cm de las estacas, correspondiendo a la primera fracción y la segunda fracción se aplicó a dos meses después de la siembra.

#### **d. Deseje**

Se realizó al mes y medio de instalado, el cual consistió en dejar un tallo por planta con el propósito de suplir con los nutrientes del suelo a un solo tallo y favorecer el crecimiento y desarrollo.

#### **e. Control de plagas y enfermedades**

Para la prevención de plagas, se aplicó Coloso (Emamectin benzoato) a razón de una cucharada y media/20L y Monofos (Methamidophos) a dosis de dos cucharadas/20L para grillos y otros insectos, así mismo para las enfermedades se utilizó Paisano (Azoxystrobin) a una dosis de 2 cucharadas/20L de agua

#### **f. Cosecha**

Se realizó a los ocho meses, siendo una característica típica para la cosecha cuando las hojas adultas se desprenden (caído) dejando solo hojas jóvenes en la parte apical, luego se procedió en forma manual con la ayuda de un pico para remover el suelo y un machete para cortar el tallo principal a una altura de 40 cm facilitando de esa manera el jaloneo de la raíz del suelo. Se realizó primero la cosecha de todas las raíces de las seis plantas/parcela neta para efectuar las evaluaciones y posteriormente los bordes. Las evaluaciones realizadas fueron: cantidad de raíces por planta, peso de raíces frescas/planta y peso de la raíz.

### **3.7. Variables evaluadas**

#### **3.7.1. Características biométricas**

##### **a. Altura de la planta**

Se evaluó a seis plantas/parcela neta, los cuales fueron marcados con una cinta para evitar confusiones de unidades experimentales, se midió a 24 plantas por tratamiento haciendo un total de 240 plantas evaluadas en todo el experimento, para medir esta variable se utilizó una regla T que va desde el cuello o base hasta el ápice de la planta para el primer y tercer mes de crecimiento, luego se utilizó una regla de madera de 3 m para registrar las demás evaluaciones hasta el sexto mes se registró en metros.

##### **b. Diámetro del tallo**

Se registro a seis plantas/parcela neta, los cuales fueron marcados con una cinta para evitar confusiones de unidad experimental, se evaluó 24 plantas por tratamiento con un total de 240 plantas en todo el experimento, para registrar la medida se utilizó un vernier digital que se ubicó a 5 cm del suelo, se tomó las medidas desde el primer hasta el sexto mes de crecimiento registrando en milímetros.

##### **c. Número de raíces/planta**

Se contabilizo la cantidad total de raíces de cada una de las seis plantas/parcela neta en la cosecha (ocho meses), para esta variable se

evaluó 24 plantas por tratamiento haciendo un total de 240 plantas evaluadas en el experimento.

**d. Longitud de la raíz**

Se registro las raíces de seis plantas/parcela neta en la cosecha (ocho meses) los cuales fueron previamente seleccionados descartando raíces pequeñas (< 20 cm), para ello se utilizó una regla transparente (cm) que se ubicó desde la base hasta el ápice de la raíz al momento de la cosecha, para esta variable se evaluó 24 plantas por tratamiento haciendo un total de 240 plantas evaluadas en el experimento

**e. Diámetro de la raíz**

Se registro las raíces de seis plantas/parcela neta en la cosecha (ocho meses) los cuales fueron previamente seleccionados descartando raíces pequeñas (< 4 mm), para ello se utilizó un vernier digital (mm) que se ubicó en la parte central de la raíz, para esta variable se evaluó 24 plantas por tratamiento haciendo un total de 240 plantas evaluadas en el experimento

**f. Peso de la raíz/planta**

Se peso las raíces de las seis plantas/parcela neta en la cosecha (ocho meses), los datos se registraron en la ficha de evaluación donde se obtuvo la media de peso de raíces/planta, para esta variable se evaluó 24

plantas por tratamiento haciendo un total de 240 plantas evaluadas en el experimento.

#### **g. Peso de raíz**

Se peso cada una de la raíz de las seis plantas/parcela neta en la cosecha (ocho meses), para ello se utilizó una balanza digital gramera, los datos se registraron en la ficha de evaluación obteniendo la media de peso de raíz. Se evaluó 24 plantas por tratamiento haciendo un total de 240 plantas evaluadas en todo el experimento.

#### **3.7.2. Rendimiento de raíz**

Para determinar el rendimiento de raíz se proyectó el peso de raíces/parcela neta (6 m<sup>2</sup>) a una hectárea, además se clasificó las raíces en tres categorías de acuerdo al CODEX (2003) (Cuadro 10). Para determinar raíces comerciales se tomó en cuenta los valores de los siguientes parámetros de acuerdo al CODEX (2003):

- Peso: mínimo 300 g y máximo 500 g
- Longitud: mínimo 20 cm y máximo 40 cm
- Diámetro: mínimo 3.5 cm y máximo 7.0 cm

Valores fuera del rango mencionado en los parámetros se consideraron automáticamente raíces no comerciales o de descarte.

**Cuadro 10.** Clasificación de la raíz en tres categorías.

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Extra	<p>La raíz de esta categoría debe ser de calidad altísima y específico de la variedad o cultivar. No se tolera defectos, excepto defectos leves superficiales, siempre cuando no dañe el aspecto general de la raíz, su conservación y presentación.</p>
I	<p>Esta categoría clasifica a raíces de buena calidad y netas de la variedad o cultivar, no se tolera defectos, excepto aquellos leves que no dañen el aspecto físico, presentación y conservación; sin embargo, se tolera 5% de heridas y 10% de raspaduras en la superficie de la raíz, pero nunca debe verse afectado la pulpa.</p>
II	<p>En esta categoría se clasifica aquella raíz que no cumple con ninguna de las características descritas en las categoría extra y I, se permite defectos siempre en cuando no dañe la calidad, presentación y conservación. La raíz puede tener como máximo 10% de herida o cicatriz y 20% de raspaduras superficiales, en ningún caso la pulpa debe verse afectado.</p>

Fuente: CODEX (2003).

### **3.8. Análisis de rentabilidad**

Se determinó la rentabilidad de cada uno de los tratamientos en estudio en base a los costos de producción y valor de producción; así mismo como el índice de rentabilidad, porcentaje de rentabilidad y la relación beneficio costo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características biométricas

#### 4.1.1. Altura de planta

En el Cuadro 11, se observa la prueba de F del análisis de varianza para la variable altura de planta obtenido a los seis meses después de la instalación del experimento, donde se evidencia que no hay diferencia estadística ( $\alpha > 0.05$ ) para el efecto de bloques, los niveles de las variedades de yuca y la interacción entre los dos factores.

Para el caso de los tratamientos y los niveles de las fórmulas de fertilización se observó la existencia de diferencias estadísticas ( $\alpha < 0.05$ ), es decir que al menos una fórmula de fertilización tuvo un efecto mejor y diferente en esta característica biométrica respecto a los demás niveles (Cuadro 11).

En caso del coeficiente de variabilidad de 8.03%, es considerado como aceptable bajo las condiciones en la que se desarrolló el experimento, lo que nos da una seguridad que la toma de datos de las mediciones es confiable. Según CALZADA (1982), valores menores a 10% de variabilidad indica que existe excelente homogeneidad en los resultados obtenidos con respecto a la altura de la planta.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de planta a los seis meses después de la instalación.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-Valor</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	3	0.0065	0.2500	0.8585	NS
Tratamientos	9	0.1507	5.8465	0.0005	AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	0.2764	10.7200	0.0001	AS
B (Variedades de yuca)	1	0.0221	0.8600	0.3628	NS
A*B	4	0.0572	2.2200	0.0938	NS
Error. Experimental	27	0.0258			
<b>Total</b>	<b>39</b>				
<b>C.V: (%)</b>	<b>8.03</b>				

NS : No existe diferencia estadística significativa.

AS : Existe diferencia estadística altamente significativa.

En el Cuadro 12 y Figura 3, se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la variable altura de planta a la edad de seis meses después de la instalación respecto a los niveles de la fórmula de fertilización, existiendo diferencia estadística ( $\alpha<0.05$ ) la fórmula de fertilización 0-0-0 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> (testigo absoluto) con respecto al resto de fórmulas, siendo notorio con la fórmula 150-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea se obtuvo mayor altura con un valor de 2.14 m comportándose estadísticamente diferente solo con la fórmula 0-0-0 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea que alcanzó una altura de 1.67 m, con las otras fórmulas 50-30-60, 100-60-120 y 200-120-240 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea que presentaron

promedios de 2.07, 2.07 y 2.04 m respectivamente, no hubo diferencia de significación.

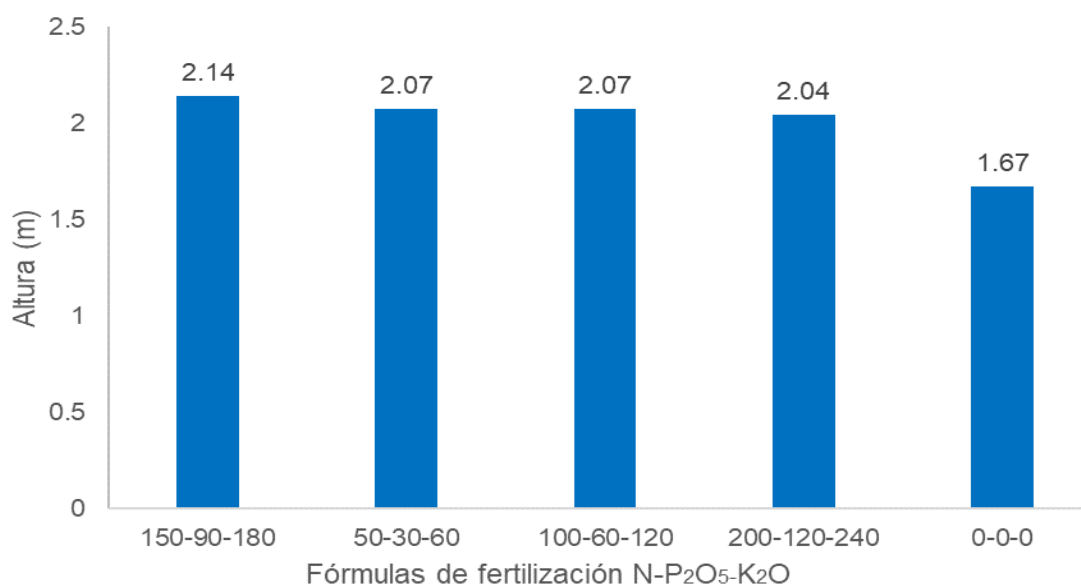
De acuerdo a los resultados se tiene que con la fórmula 150-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea, se obtuvo mayor altura (2.14 m) comparado con la fórmula 0-0-0 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (1.67 m) (testigo), debido a la mayor concentración de los nutrientes primarios que proporcionó mayor crecimiento vegetativo, mientras que la fórmula 0-0-0 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea causó efecto solamente por los nutrientes que se encontraban en el suelo por lo visto no fue lo suficiente para satisfacer al cultivo, que según el análisis de suelo (Cuadro 6) el nitrógeno se encuentra en el nivel medio, fósforo y potasio en nivel bajo. RUIZ (2009), en su trabajo de investigación, evaluó el efecto de fertilización nitrogenada y densidades de siembra para producción de forraje de una accesión promisorio de yuca Señorita, obtuvieron con 100 kg/N/ha y 0.4 x 0.4 m una altura de 1.25 m, siendo 89 cm menor obtenido en nuestra investigación con la fórmula 150-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea, debido a que en esta fórmula existe 50 kg más de nitrógeno y como se sabe este es un nutriente esencial en el crecimiento vegetativo. BRADY (1990), menciona que el nitrógeno estimula el desarrollo vegetativo y el crecimiento radicular, además interviene en el metabolismo de los carbohidratos.

Por otro lado, a medida que incrementa la cantidad de nitrógeno en los niveles de fertilización tuvo un incremento significativo de la altura de planta en relación al testigo (0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O por hectárea).

**Cuadro 12.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la altura de planta a los seis meses después de la instalación del factor fórmulas de fertilización.

Fórmulas de fertilización (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O kg/ha)	Altura (m)	Sig.
150-90-180	2.14	a
50-30-60	2.07	a
100-60-120	2.07	a
200-120-240	2.04	a
0-0-0	1.67	b

Promedios con igual letra, significa que no hay diferencia estadística significativa.



**Figura 3.** Altura de planta a los seis meses después de la instalación, por efecto de las fórmulas de fertilización.

#### 4.1.2. Diámetro del tallo

En el Cuadro 13, se observa la prueba de F del análisis de varianza para el diámetro de tallo de planta a los seis meses después de la instalación, donde se evidencia que no existe diferencias estadísticas ( $\alpha > 0.05$ ) para el efecto de los bloques y tampoco no se logró demostrar la interacción entre los dos factores en estudio respecto a la variable mencionada.

En caso del efecto respecto a los tratamientos aplicados y los niveles de fertilización N-P-K, se observa que existe diferencias estadísticas ( $\alpha < 0.05$ ), es decir, al menos una fórmula de fertilización aplicada produjo un efecto mejor y diferente en la variable diámetro de tallo de planta; por último, para los niveles de las variedades de yuca, existe diferencia significativa, lo que resalta que, una variedad de yuca produjo un efecto mejor y diferente en la variable mencionada.

El coeficiente de variabilidad del 5.8% respecto a los valores del diámetro de tallo, es considerada como aceptable bajo las condiciones en la que se desarrolló el experimento, lo que nos da una seguridad que la toma de datos de las mediciones es confiable. Según CALZADA (1982), valores menores a 10% de variabilidad indica que existe una excelente homogeneidad en los resultados obtenidos en el diámetro de las unidades experimentales (planta de yuca).

**Cuadro 13.** Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo a los seis meses después de la instalación.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-Valor</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	3	0.0469	4.48	0.0112	NS
Tratamientos	9	0.0696	6.64	0.003	AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	0.1200	11.46	0.0001	AS
B (Variedades de yuca)	1	0.0766	7.31	0.0117	S
Interacción A*B	4	0.0173	1.66	0.1895	NS
Error. Experimental	27	0.0105			
<b>Total</b>	<b>39</b>				
<b>C.V. (%):</b>	<b>5.8</b>				

S : Existe diferencia estadística significativa.  
 AS : Existe diferencia altamente significativa.  
 NS : No existe significancia.

En el Cuadro 14 y Figura 4, se muestra la prueba de media de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo a los seis meses después de la instalación, existiendo diferencia estadística ( $\alpha<0.05$ ) la fórmula de fertilización 0-0-0 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> (testigo absoluto) con respecto al resto de fórmulas de fertilización, obteniéndose que con la fórmula de fertilización 150-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> mayor diámetro de tallo con un valor de 1.87 cm, diferenciándose estadísticamente de la fórmula 0-0-0 (testigo) kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> que tuvo 1.55 cm, con las otras fórmulas 100-60-120, 50-30-60 y 200-120-

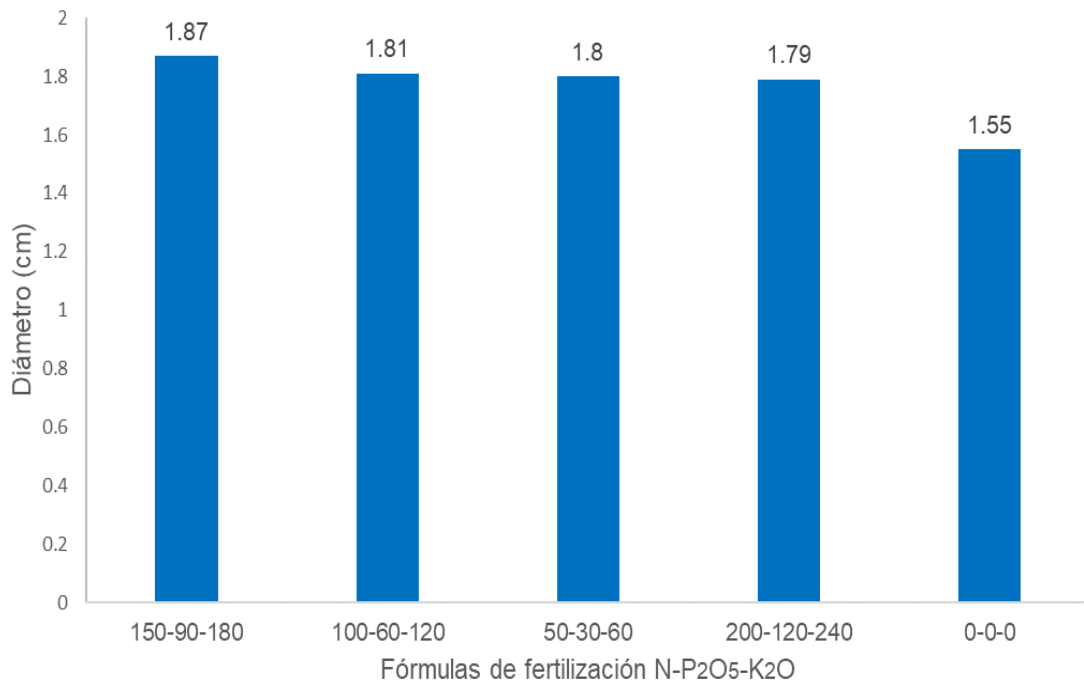
240 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> que tuvieron 1.81, 1.8 y 1.79 cm de diámetro respectivamente, no hubo diferencias estadísticas significativas.

BURGOS y CENOZ (2010), obtuvieron con 23.19 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 421.2 kg K<sub>2</sub>O un diámetro de tallo promedio de 2.159 cm, siendo mayor en 28.9 mm al diámetro obtenido con la fórmula de fertilización 150-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en nuestra investigación, esto se debe posiblemente a la variedad, condiciones de suelo entre otros factores agronómicos.

**Cuadro 14.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo a seis meses de instalado de las fórmulas de fertilización.

Fórmulas de fertilización (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O kg/ha)	Diámetro (cm)	Sig.
150-90-180	1.87	a
100-60-120	1.81	a
50-30-60	1.80	a
200-120-240	1.79	a
0-0-0	1.55	b

Promedios con igual letra, significa que no existe diferencia estadística significativa.



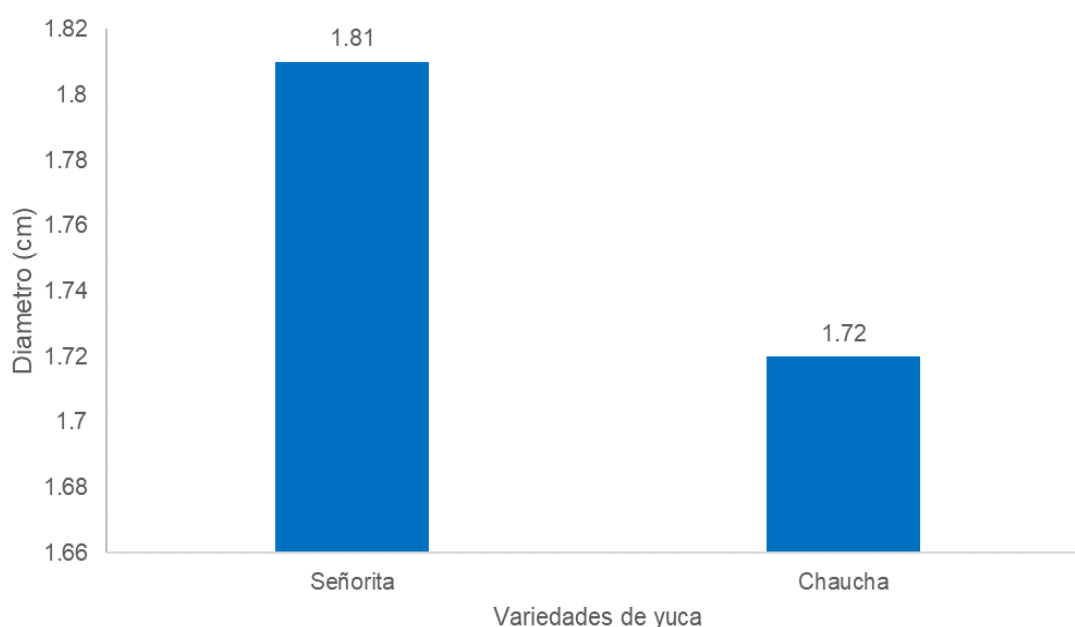
**Figura 4.** Diámetro del tallo de la planta a los seis meses después de la instalación, por efecto de las fórmulas de fertilización.

Entre las variedades, existe diferencia estadística ( $\alpha < 0.05$ ) con respecto al diámetro de tallo, lo que indica que este carácter es influenciado y es propio de la variedad. La variedad Señorita tuvo mejor resultado estadístico y aritmético con 1.81 cm de diámetro, siendo superior a la variedad Chaucha que obtuvo sólo 1.72 cm (Cuadro 15 y Figura 5).

**Cuadro 15.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro de tallo de la planta a los seis meses de instalado de las variedades de yuca.

Variedad	Diámetro (cm)	Sig.
Señorita	1.81	a
Chaucha	1.72	b

Promedios con igual letra, significa que no existe diferencia estadística significativa.



**Figura 5.** Diámetro de tallo de la planta a los seis meses después de la instalación, por efecto de las variedades de yuca.

#### 4.1.3. Número de raíces por planta

En el Cuadro 16, se muestra la prueba de F del análisis de varianza para el número de raíces/planta a la cosecha (ocho meses), obteniendo que para el efecto de bloques y la interacción no existen diferencias

estadísticas ( $\alpha > 0.05$ ), es decir estos factores no influyen en el número de raíces/planta. Con respecto a las demás fuentes de variación como el de tratamientos, factor fórmulas de fertilización y variedades de yuca existen diferencias estadísticas ( $\alpha < 0.05$ ), es decir, el número de raíces/planta se ve influenciada por los niveles de fertilización (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) y las variedades en estudio. El coeficiente de variabilidad determinado fue 20.84%, lo que se cataloga como aceptable bajo la situación en la que se ejecutó el experimento, además indica que existe buena homogeneidad en los resultados obtenidos tomados de las unidades experimentales.

**Cuadro 16.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para el número de raíces/planta en la cosecha.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fcal</b>	<b>p-Valor</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	3	2.2917	0.87	0.4672	NS
Tratamientos	9	9.6917	3.69	0.003	AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	14.275	5.44	0.0024	AS
B (Variedades de yuca)	1	27.225	10.4	0.0033	AS
Interacción A*B	4	0.725	0.28	0.8908	NS
Error. Experimental	27	2.625			
<b>Total</b>	<b>39</b>				

C.V : (%) 20.84

NS : No existe diferencia estadística significativa.

AS : Existe diferencia estadística altamente significativa.

En el Cuadro 17 y Figura 6, se muestra la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta a la cosecha de los niveles de la fórmula de fertilización, obteniéndose que con la fórmula de fertilización 150-90-180 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor valor con una media de 9.25 raíces/planta, diferenciándose estadísticamente de las fórmulas de fertilización 50-30-60 y 0-0-0 (testigo) kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> que tuvieron valores de 7 y 6 raíces/planta respectivamente, con las otras fórmulas 200-120-240 y 100-60-120 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> que tuvieron 8.88 y 7.75 raíces/planta respectivamente, no hubo diferencias estadística significativas.

Las diferencias estadísticas del número de raíces/planta, responden a que la planta define este componente del rendimiento durante el primer período de desarrollo, según los resultados presentados por COCKET *et al.* (1979). Asimismo, las raíces reservantes se distinguen a partir de los 60-90 DPP (MONTALDO, 1979; ALVES, 2002; TERNES, 2002).

Además, se observa una tendencia de una respuesta favorable en el aumento de las raíces a medida que se incrementa la dosis de P independientemente de la cantidad de N y K, tal como se sabe el P es el nutriente encargado de promover el desarrollo radicular de la planta.

La fórmula de fertilización 150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> tuvo mayor número de raíces/planta con 9.25 raíces/planta, pero fue inferior (13.67 raíces/planta) a lo obtenido por BURGOS y CENOZ (2010) con 23.19 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0 kg K<sub>2</sub>O, esto posiblemente por las diferentes condiciones de suelo y variedad

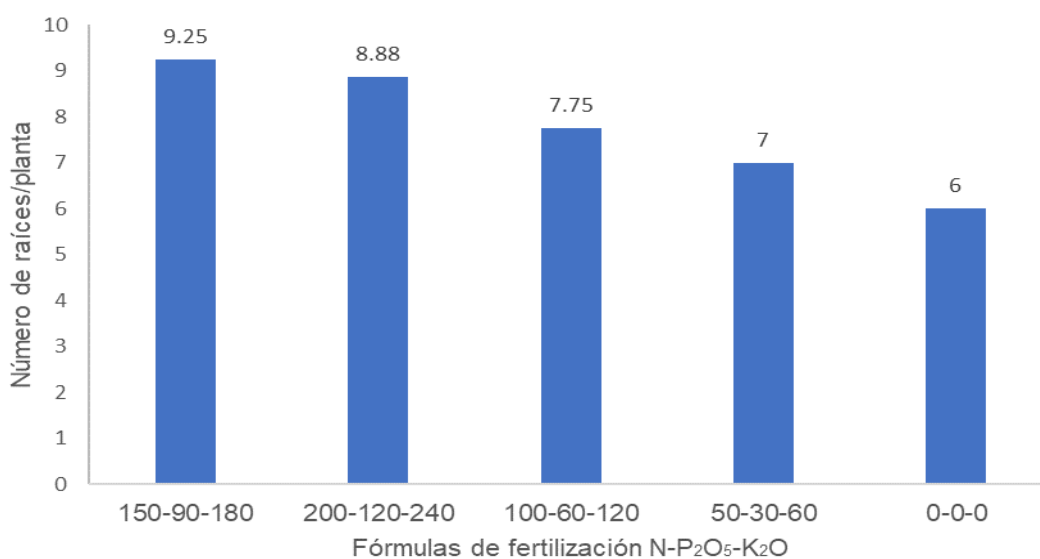
(Rocha), se deduce que existe una tendencia a una respuesta favorable a la aplicación del fósforo en ausencia de potasio, dado esto porque el contenido de fósforo en este suelo, donde se realizó el experimento estaba debajo del nivel crítico evidenciándose en diferencias, mientras que el contenido de potasio estuvo muy cerca al nivel crítico por lo cual no hubo muchas diferencias.

Además en los resultados se observa que a mayor dosis de potasio se tiene una disminución del número de raíces, mientras que a medida que aumenta la dosis de fósforo se nota un incremento del número de raíces, lo cual coincide con los estudios realizados por KROCHMAL y SAMUELS (1967), que mencionan que altos niveles de K no favorecieron la producción de raíces reservantes y que la mayor producción de éstas, estuvo asociado con un alto nivel de fósforo, además ellos mismos demostraron que no existe formación de raíces reservantes con altos niveles de N y bajos niveles de P y K, y observaron que, de los tres elementos principales, el P era el que más afectaba el rendimiento, así mismo se puede llegar a concordar con lo que menciona HOWELER (2002), que en los suelos de Latinoamérica, el cultivo de mandioca responde más a las fertilizaciones con fósforo.

**Cuadro 17.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta en la cosecha de los niveles del factor fórmulas de fertilización.

Fórmulas de fertilización (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O kg/ha)	Número de raíces/planta	Sig.
150-90-180	9.25	a
200-120-240	8.88	a
100-60-120	7.75	ab
50-30-60	7.00	b
0-0-0	6.00	c

Promedios con igual letra, significa que no existe diferencia estadística significativa.



**Figura 6.** Número de raíces por planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.

En el Cuadro 18 y Figura 7, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta de los niveles del factor variedad de yuca a la cosecha (ocho meses), donde se obtuvo significancia estadística ( $\alpha<0.05$ ) entre la variedad Señorita y Chaucha, obteniendo la variedad Chaucha presentó una media de 8.6 raíces/planta siendo estadísticamente mayor al número de raíces/planta encontrado en la variedad Señorita con una media de 6.95 raíces/planta.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la yuca variedad Chaucha tuvo mayor número de raíces/planta en comparación con la variedad Señorita, pero dichos valores no son mayores a los resultados reportados por los autores BURGOS y CENOZ (2010), con la variedad de yuca Rocha que obtuvieron con el tratamiento sin fertilizar 13.67 raíces/planta, esto se debe posiblemente a las condiciones de suelo y a la variedad en estudio. Por otro lado, REÁTEGUI (1986) reporta con la variedad de yuca Señorita 8 raíces/planta en promedio, siendo mayor a lo obtenido en nuestro trabajo de investigación con la misma variedad (Señorita) con 6.95 raíces/planta, bajo condiciones de suelo y clima de Iquitos.

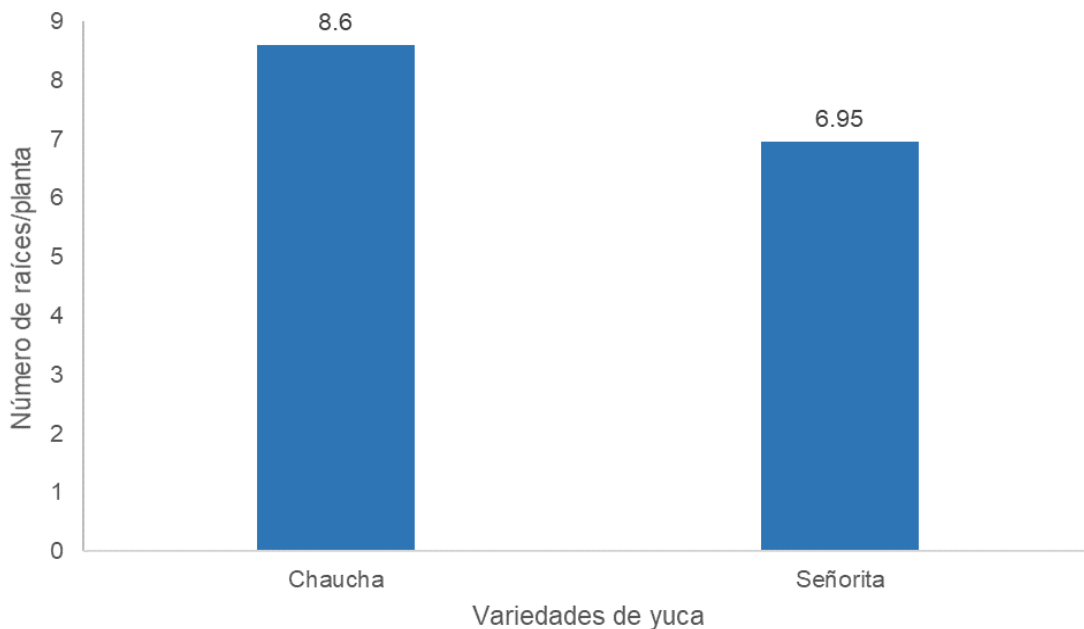
Según el manual denominado INSTRUCTIVO TÉCNICO DEL CULTIVO DE LA YUCA (2008), la variedad de yuca comercial "Señorita" produce en promedio entre 8 a 12 raíces por planta, lo cual en nuestro trabajo de investigación se obtuvo 6.95 raíces de señorita (Cuadro 18 y Figura 7), es decir presentó 3.05 raíces menos, lo que nos da a conocer que no se llegó a producir ni el valor promedio de raíces de esta variedad, posiblemente este

comportamiento se le atribuye a la influencia del suelo, la época de siembra que presentaba altas precipitaciones, entre otros factores agronómicos de producción.

**Cuadro 18.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces/planta en la cosecha de los niveles del factor variedades de yuca.

Variedad	Número de raíces/planta	Sig.
Chaucha	8.60	a
Señorita	6.95	b

Promedios con igual letra, significa que no existe diferencia estadística significativa.



**Figura 7.** Número de raíces por planta en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca.

#### 4.1.4. Peso de raíces por planta y peso de raíz

En el Cuadro 19, se muestra la prueba de F del análisis de varianza para el peso de raíces/planta (kg) y el peso de raíz (g) en la cosecha (ocho meses). Para el peso de raíces/planta se obtuvieron que, para el efecto de bloques, el factor variedades de yuca y la interacción de los factores no presentaron diferencia estadística ( $\alpha > 0.05$ ), es decir esta variable no se ve influenciado por estas fuentes de variación. En cuanto a los tratamientos y factor fórmulas de fertilización existe diferencia estadística ( $\alpha < 0.05$ ), es decir estas fuentes de variación tienen influencia en estas variables, ocasionando efecto diferente y mejor respuesta en esta variable. El coeficiente de variabilidad (19.85%) indica que existe buena homogeneidad en los resultados obtenidos tomados de las unidades experimentales. Por último, para el peso de raíz (g) para el caso de los bloques e interacción no existen diferencias estadísticas ( $\alpha > 0.05$ ), es decir esta variable no fue influenciada por estas fuentes de variación, mientras que los tratamientos, fórmulas de fertilización y el factor variedades de yuca muestran diferencias estadísticas ( $\alpha < 0.05$ ), es decir que esta variable se ve influenciada por la fertilización y variedad. El coeficiente de variabilidad fue de 12.55%, lo que muestra que existe muy buena homogeneidad en los resultados.

**Cuadro 19.** Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíces/planta y peso de raíz en la cosecha.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Peso de raíz/planta (kg)	Peso de raíz (g)
Bloques	3	0.0951 NS	2183.8981 NS
Tratamientos	9	1.9798 AS	11389.931 AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	4.0648 AS	23168.4478 AS
B (Variedades de yuca)	1	0.7075 NS	6681.50122 S
Interacción A*B	4	0.2130 NS	788.52139 NS
Error. Experimental	27	0.2189	1432.804
<b>Total</b>	<b>39</b>		
<b>C.V (%):</b>		<b>19.85</b>	<b>12.55</b>

S : Existe diferencia significativa.

AS : Existe diferencia altamente significativa.

NS : No existe diferencia significativa.

En el Cuadro 20, se muestra la prueba de Duncan para el peso de raíces/planta (kg) y peso de raíz (g) a la cosecha (ocho meses) de los niveles del factor A (fórmulas de fertilización), obteniendo con la fórmula de fertilización 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> mayor peso de raíces/planta y peso de raíz con 3.072 kg y 358.21 g respectivamente, siendo superior estadísticamente a las fórmulas de fertilización 100-60-120 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (2.293 kg raíces/planta y 314.6 g de raíz), 50-30-60 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (2.083 kg raíces/planta y 300.28 g de raíz) y 0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (1.365 kg

raíces/planta y 213.27 g de raíz), con la fórmula de fertilización 150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> que tuvo 2.818 kg raíces/planta y 321.76 g, no hubo diferencia estadística.

La fórmula de fertilización 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> tuvo mayor número de raíces/planta (3.072 kg) y peso de raíz (358.21 g) que los demás niveles en estudio, también fue superior a los resultados obtenidos por BURGOS y CENOZ (2010), que obtuvieron con 46.40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 0 kg K<sub>2</sub>O 2.133 kg/planta, esto debido a las condiciones de suelo, variedad y la cantidad de fósforo aplicado, ocurriendo en nuestra investigación que se aplicó una dosis máxima de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de P siendo superior a lo aplicado por estos autores (46.4 kg P ha<sup>-1</sup>), lo cual influyó en el incremento de la producción de raíces y del peso, al respecto KROCHMAL y SAMUELS (1967), demostraron que altos niveles de P incrementan las raíces, además FASSBENDER (1967) y LOTERO (1974), el P compone las nucleoproteínas, ácidos nucleicos, fosfolípidos y de las enzimas que tienen que ver en el transporte de energías, siendo un elemento importante en los procesos de fosforilación, respiración, descomposición y síntesis de carbohidratos, proteínas y ácidos grasos, mediante estos procesos intervienen en el crecimiento de las raíces.

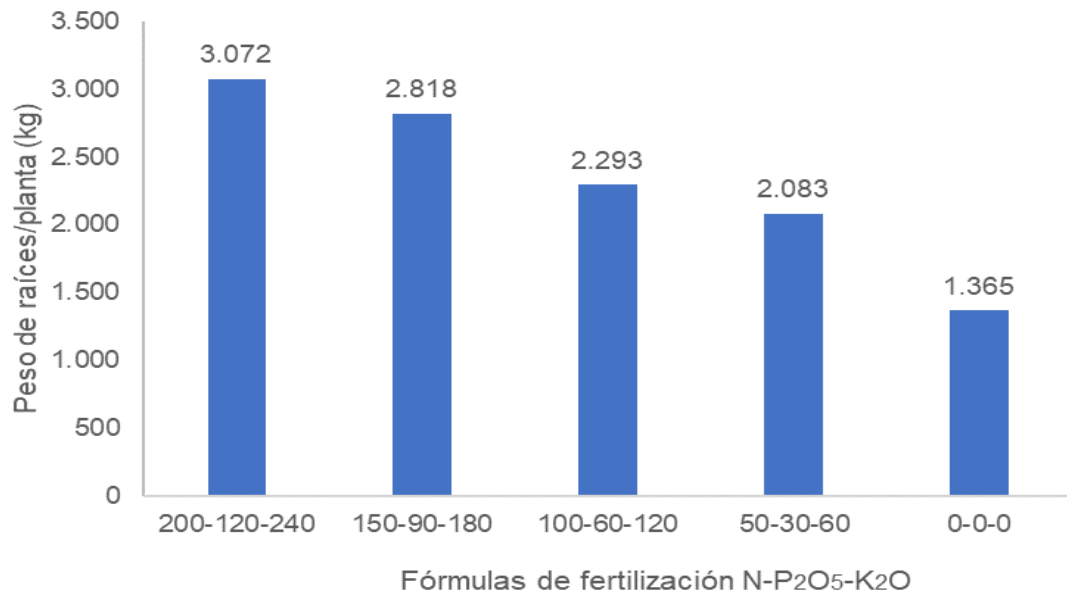
**Cuadro 20.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíces/planta y peso de raíz en la cosecha de los niveles del factor fórmulas de fertilización.

<b>Fórmula de fertilización (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O kg/ha)</b>	<b>Peso de raíces/planta (kg)</b>	<b>Peso de raíz (g)</b>
200-120-240	3.072 a	358.21 a
150-90-180	2.818 a	321.76 ab
100-60-120	2.293 b	314.60 b
50-30-60	2.083 b	300.28 b
0-0-0	1.365 c	213.27 c

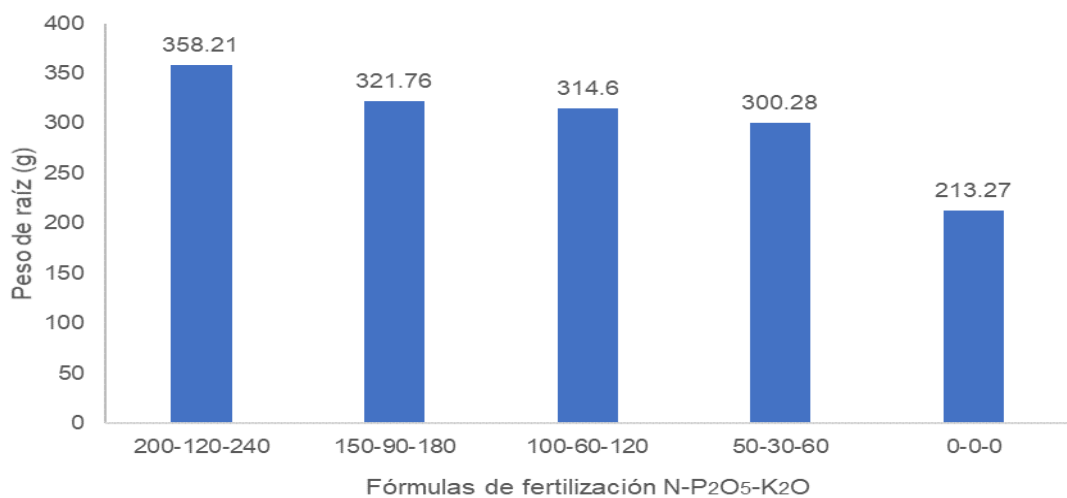
Promedios con igual letra, significa que no existe significancia.

También se puede observar que a mayor dosis de nitrógeno, fósforo y potasio se tiene los más altos pesos de raíces/planta y peso de raíz, deduciendo por el mayor suministro de nutrientes al suelo por la fertilización inorgánica, además se le atribuye a la solubilidad y disponibilidad de las fuentes de nutrientes aplicados, mientras que cuando no se aplicó nutrientes es decir con la fórmula de fertilización testigo (0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>) se tuvo un menor peso de raíces/planta y peso de raíz con 1.365 kg y 213.27 g respectivamente, valores que se encuentran fuera del rango de raíces comerciales, esto posiblemente a que la cantidad de nutrientes del suelo no fue los suficiente para satisfacer o suplir la necesidad del cultivo, al respecto en el Cuadro (06) se reporta los nutrientes del análisis de suelo donde se evidencia la concentración de nutrientes, según ello se encuentra en nivel medio el

nitrógeno y materia orgánica, nivel bajo fósforo y potasio, y con un pH 4.2 extremadamente ácido, los cuales fueron los responsables de los bajos resultados con este nivel.



**Figura 8.** Peso de raíces por planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.



**Figura 9.** Peso de raíz en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.

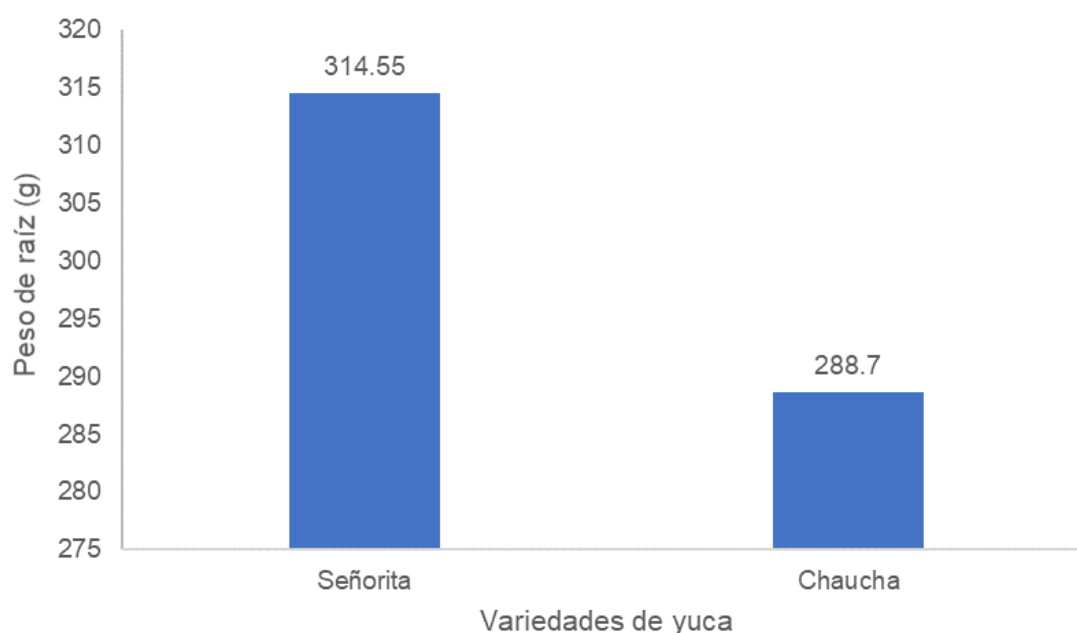
En el Cuadro 21, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíz (g) por efecto de los niveles del factor variedades de yuca (B) en la cosecha, existiendo diferencia estadística ( $\alpha<0.05$ ) entre las variedades de yuca (Señorita y Chaucha), obteniéndose que con la variedad Señorita el mayor peso de raíz con una media de 314.55 g, que fue, estadísticamente superior a la variedad Chaucha con 288.7 g. Por lo visto, las variedades en estudio difieren en el peso de raíz, en tal sentido al momento de la evaluación (cosecha) fue notorio que las raíces de la variedad Señorita fueron más desarrolladas que las raíces de la variedad Chaucha, deduciendo posiblemente a que la cosecha se realizó cercano a su periodo fisiológico (10 meses), dando el tiempo casi suficiente para su desarrollo completo de la raíz, mientras que las raíces de la variedad Chaucha no tuvieron el tiempo suficiente para desarrollarse por completo por lo que no se tuvo un buen desarrollo en la variable mencionada.

Los pesos de la raíz de las yucas variedades Señorita y Chaucha (Cuadro 21 y Figura 10) fueron mayores en comparación con los resultados reportados por los autores BURGOS y CENOZ (2010), quienes obtuvieron con la variedad de yuca "Rocha" una media de 164 g por raíz aproximadamente, esta variación posiblemente se les atribuye a diferentes factores: variación de la característica de suelo, al potencial de las variedades ya que cada una presenta su propia particularidad.

**Cuadro 21.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el peso de raíz en la cosecha de los niveles del factor variedades de yuca.

Variedad	Peso de raíz (g)	Sig.
Señorita	314.55	a
Chaucha	288.70	b

Promedios con la misma letra, significa que no existe significancia.



**Figura 10.** Peso de raíz en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca.

#### 4.1.5. Longitud y diámetro de raíz

Del análisis de varianza de la longitud y diámetro de la raíz a la cosecha (ocho meses), para ambas variables no existe diferencia estadística ( $\alpha>0.05$ ) para el efecto de la interacción, mientras que, si existe diferencias estadísticas ( $\alpha<0.05$ ) para el efecto tratamientos, factor A (Fórmulas de fertilización) y factor B (Variedades de yuca), lo que significa que estas

variables presentan variaciones y están influenciadas por estos factores (Cuadro 22). Los coeficientes de variabilidad de 7.07% y 4.86%, según CALZADA (1982), indica que valores menores a 10% de variabilidad significa que existe excelente homogeneidad en los resultados tomados de las unidades experimentales con respecto a la longitud y diámetro de la raíz.

**Cuadro 22.** Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de la raíz en la cosecha.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Longitud (cm)	Diámetro (cm)
Bloques	3	15.8715 S	0.1719 AS
Tratamientos	9	34.9493 AS	0.2619 AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	49.8393 AS	0.3968 AS
B (Variedades de yuca)	1	95.481 AS	0.6459 AS
Interacción A*B	4	4.9264 NS	0.0309 NS
Error. experimental	27	5.1033	0.0312
<b>Total</b>	<b>39</b>		
<b>C.V. (%):</b>	<b>7.07</b>	<b>4.86</b>	

S : Existe diferencia significativa.  
AS : Existe diferencia altamente significativa.  
NS : No existe diferencia significativa.

En el Cuadro 23, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de la raíz (cm) de los niveles del factor A (fórmulas de fertilización) a la cosecha (ocho meses), donde se observa el mismo

comportamiento estadístico de los niveles de fertilizante en ambas variables, obteniendo con el nivel 200-120-240 kg. ha<sup>-1</sup> N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O mayor longitud y diámetro de la raíz con 33.55 cm y 3.8 cm respectivamente, siendo estadísticamente superior al nivel de fertilización 0-0-0 (testigo absoluto) kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> que tuvo una longitud de 27.52 cm y un diámetro de 3.24 cm, con las otras fórmulas 100-60-120, 150-90-180, 50-30-60 kg. ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, no tuvo diferencias estadísticas.

Según los resultados mostrados se tiene que la fórmula de fertilización 200-120-240 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> reportó mayor longitud y diámetro de la raíz (Cuadro 24 y Figuras 11 y 12), que las demás fórmula de fertilización, esta diferencia fue posiblemente, a que esta fórmula tuvo mayor cantidad de fósforo, como sabemos este es un elemento esencial en el crecimiento de las raíces, al respecto para FASSBENDER (1967) y LOTERO (1974), el fósforo es importante en los procesos de fosforilación, respiración, descomposición y síntesis de carbohidratos, proteínas y ácidos grasos, a través de estos procesos intervienen en el crecimiento de las raíces.

En un estudio bajo suelo Fluvisol, se evaluó el efecto de la fertilización (N-P-K) en la variedad de yuca verdecita sobre los componentes de crecimiento, desarrollo y productividad, encontrando que no existe diferencia estadística entre los componentes, para el caso de los componentes de rendimiento longitud y diámetro de raíz la fórmula 50-100-50 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> tuvo mayor promedio con 24.66 cm de longitud y 1.51 cm de diámetro de la raíz, resultados inferiores a lo obtenido en nuestro trabajo de investigación

comparado con la fórmula 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> (33.55 cm de longitud y 3,8 cm de diámetro de la raíz), posiblemente al tipo de suelo, y además por tener una mayor cantidad de fósforo aplicado en nuestra investigación, siendo este elemento esencial en la producción de raíces, lo cual se corroboran con lo que menciona KROCHMAL y SAMUELS (1967), altos niveles de fósforo incrementan la producción de raíces, además indican que la fertilización debe ser balanceada con respecto al nitrógeno, fósforo y potasio; ya que cantidades más que otras de estos nutrientes afectarían la producción de raíz; al respecto, FASSBENDER (1967) y LOTERO (1974) aclaran que, el fósforo es un elemento involucrado en los procesos de respiración, fotosíntesis, fosforilación mediante estos procesos interviene en el crecimiento de la raíz.

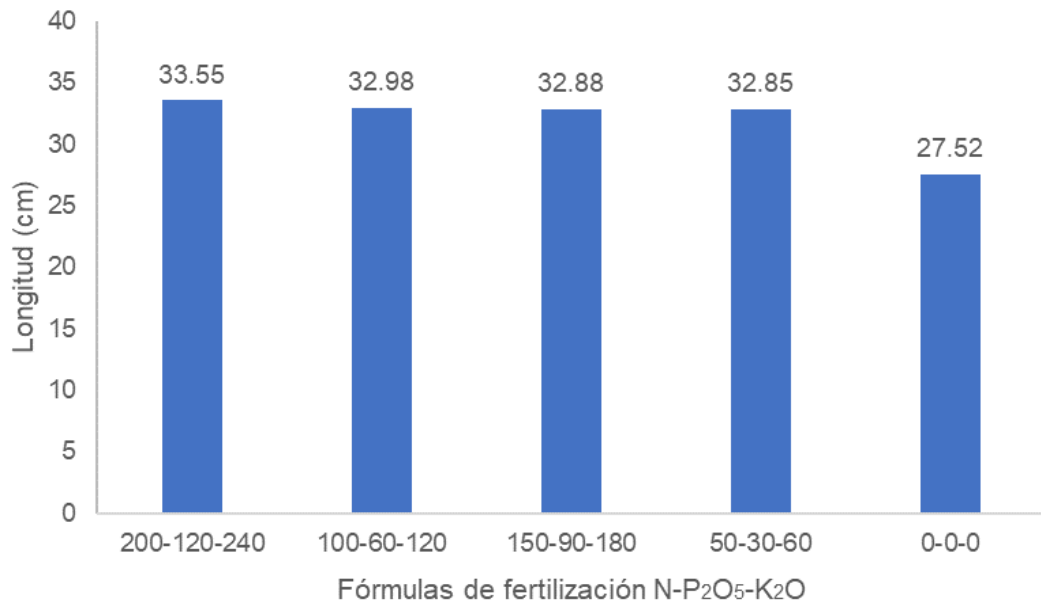
Por otro lado, las fórmulas con nutrientes aplicados tienen comportamiento estadístico similar, pero difieren de la fórmula sin fertilizar, esta diferencia se debe posiblemente a los nutrientes primarios aplicados al suelo brindando mayor disponibilidad de nutrientes para su crecimiento y desarrollarlo radicular, y consecuentemente un buen crecimiento vegetativo, al respecto BRADY (1990) reporta que, el nitrógeno es esencial en el metabolismo de los carbohidratos, estimula el desarrollo radicular y ayuda a la asimilación de otros nutrimentos. Para POTASH y PHOSPHATE INSTITUTE (1997), el fósforo estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces, brinda calidad de la fruta, hortalizas y granos, además interviene en la transferencia de la información hereditaria a la siguiente generación.

Otro factor que tuvo influencia en la respuesta de la longitud (Cuadro 23 y Figura 11) y diámetro de la raíz (Cuadro 24 y Figura 12), fue el momento de la fertilización específicamente del fósforo y nitrógeno, el cual se realizó al fósforo a la instalación (todo) teniendo en cuenta su lenta solubilidad y disponibilidad, y el nitrógeno la mitad al mes de la instalación (30 días) y la otra parte a los dos meses de la instalación (60 días), cuyo momento de fertilización fue oportuno para brindar los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las raíces, al respecto GUZMAN y PEREZ (1992), la planta a partir del tercer o cuarto mes comienza con el engrose de las raíces, translocándose todos los nutrientes a este órgano, disminuyendo el crecimiento aéreo en tamaño y en tasa de formación de hojas por ápice.

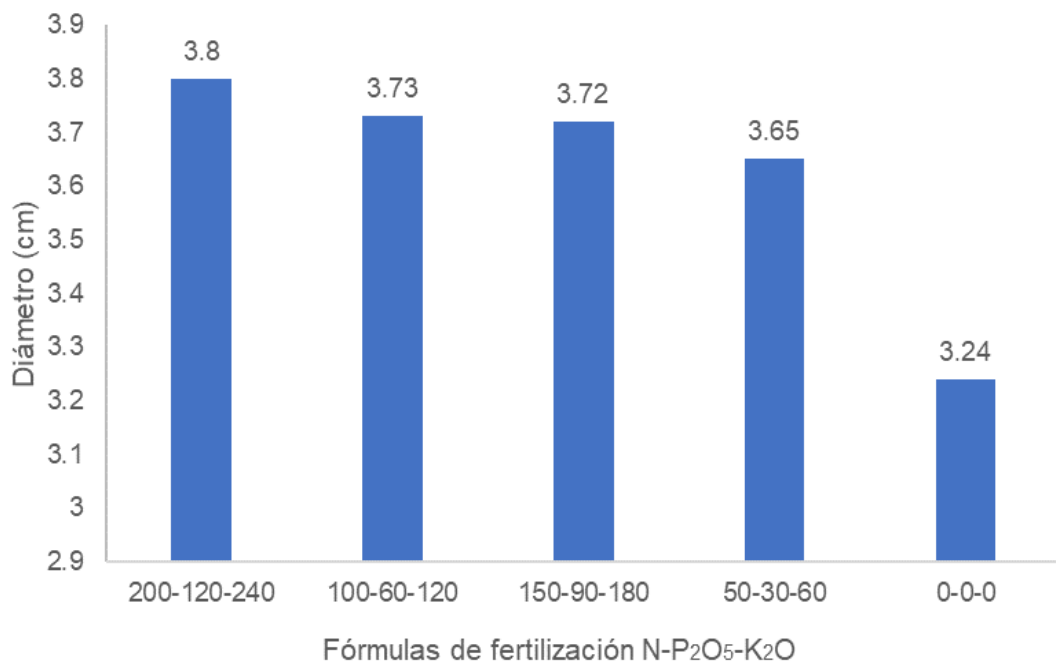
**Cuadro 23.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de la raíz en la cosecha de los niveles del factor fórmulas de fertilización.

<b>Fórmula de fertilización (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O kg/ha)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
200-120-240	33.55 a	3.80 a
100-60-120	32.98 a	3.73 a
150-90-180	32.88 a	3.72 a
50-30-60	32.85 a	3.65 a
0-0-0	27.52 b	3.24 b

Promedios con igual letra, significa que no existe significancia.



**Figura 11.** Longitud de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.



**Figura 12.** Diámetro de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las fórmulas de fertilización.

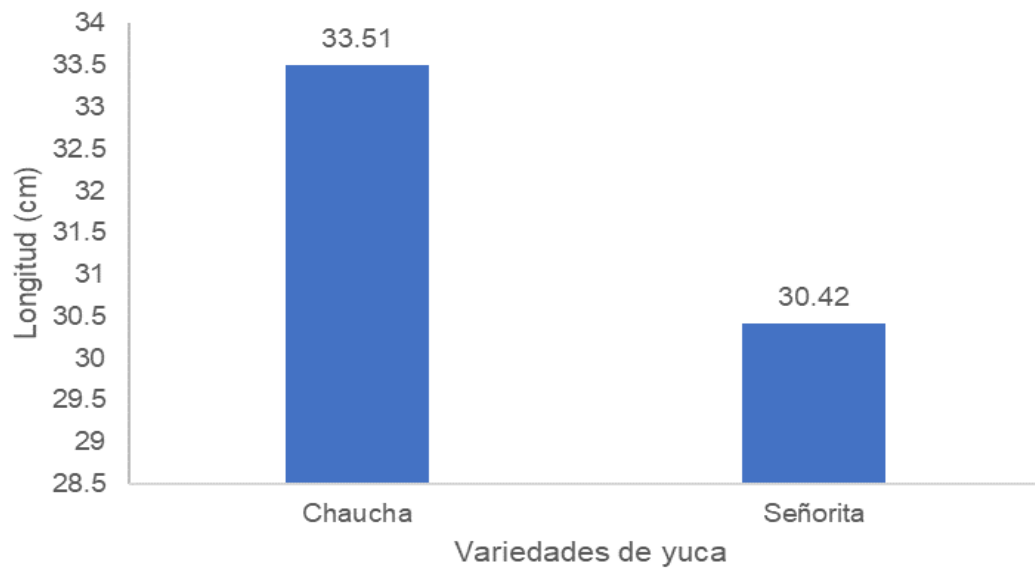
En el Cuadro 24, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de la raíz de los niveles del factor variedades de yuca en la cosecha (ocho meses), existiendo diferencia estadística ( $\alpha<0.05$ ) entre las variedades de yuca para ambas variables, la variedad Chaucha tuvo mayor longitud de raíz (33.51 cm) siendo superior de la variedad Señorita que tuvo 30.42 cm de longitud de raíz, por otro lado la variedad Señorita tuvo mayor diámetro de raíz (3.76 cm) diferenciándose estadísticamente de la variedad Chaucha con 3.51 cm de diámetro de raíz.

La diferencia en la longitud y diámetro de la raíz entre ambas variedades (Figura 13 y 14), posiblemente se debe al periodo vegetativo de cada variedad, en tal sentido la variedad Señorita es más precoz que la variedad Chaucha, por lo que tuvo el tiempo necesario para desarrollarse, así mismo se puede deber por lo siguiente: baja cantidad de nutrientes en el suelo del experimento, con respecto al fósforo se encuentra en un nivel bajo, siendo este el elemento responsable del crecimiento de la raíz.

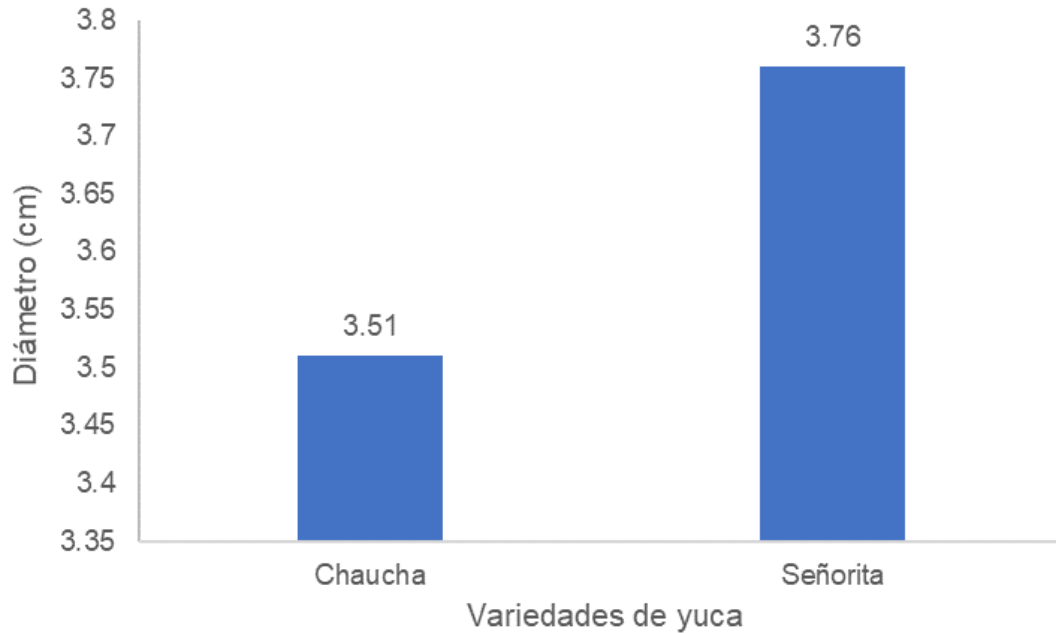
**Cuadro 24.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para la longitud y diámetro de raíz en la cosecha de los niveles del factor variedades de yuca.

<b>Variedad</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
Chaucha	33.51 a	3.51 b
Señorita	30.42 b	3.76 a

Promedios con igual letra, significa que no existe significancia.



**Figura 13.** Longitud de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca.



**Figura 14.** Diámetro de raíz de la planta en la cosecha, por efecto de las variedades de yuca.

#### **4.2. Rendimiento de raíz**

En el Cuadro 25, se muestra la prueba de F del análisis de varianza para el rendimiento total (t/ha), rendimiento comercial en sus tres categorías y el rendimiento de descarte, obteniendo para el rendimiento total, comercial y la categoría I y II, efectos de los bloques, la interacción de los factores y para el factor B (variedades de yuca) la ausencia de diferencias estadísticas ( $\alpha > 0.05$ ); pero para los tratamientos y el factor A (fórmulas de fertilización) sí fue notorio la existencia de diferencias estadísticas significativas; es decir estos rendimientos se encuentran sujetos a variaciones por efecto de los tratamientos y de la aplicación de los fertilizantes. Los valores del coeficiente de variabilidad fueron 22.16%, 27.87%, 40.63% y 47.92%, los cuales indican que existe regular homogeneidad y resultados variados en la presente investigación.

En cuanto al rendimiento extra y al rendimiento de descarte no se evidenció diferencias estadísticas ( $\alpha > 0.05$ ) para la interacción entre los factores en estudio y factor B (variedades de yuca); mientras para el efecto de los bloques, los tratamientos y el factor A (fórmulas de fertilización) se evidenció la existencia de diferencias estadísticas ( $\alpha < 0.05$ ), es decir, estos rendimientos se encuentran influenciados por la variabilidad del suelo (bloques) y la formulación aplicada del fertilizante (Cuadro 26). Los coeficientes de variabilidad para estas variables fueron 38.78% y 31.58%, indicando la existencia de que los resultados fueron muy variables en la presente investigación.

**Cuadro 25.** Análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) para el rendimiento total, rendimiento comercial en sus tres categorías y el rendimiento no comercial o descarte en la cosecha.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios						
		Rend. Total (t. ha <sup>-1</sup> )	Rend. Comercial (t. ha <sup>-1</sup> )	Rend. Ctg Extra (t. ha <sup>-1</sup> )	Rend. Ctg I (t. ha <sup>-1</sup> )	Rend. Ctg II (t. ha <sup>-1</sup> )	Rend. No Comercial (t. ha <sup>-1</sup> )	
Bloques	3	15.391 NS	4.315 NS	10.277 S	7.826 NS	2.123 NS	21.298 S	
Tratamientos	9	173.912 AS	172.241 AS	17.360 AS	50.639 AS	5.609 S	21.095 AS	
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	356.547 AS	362.871 AS	38.238 AS	104.462 AS	10.278 S	34.675 AS	
B (Variedades de yuca)	1	79.862 NS	42.415 NS	0.006 NS	19.586 NS	4.019 NS	6.40000 NS	
Interacción A*B	4	14.788 NS	14.067 NS	0.821 NS	4.581 NS	1.337 NS	11.1900 NS	
Error. Experimental	27	26.57	18.940	3.015	8.666	3.478	5.806	
<b>Total</b>	<b>39</b>							
C.V : (%)		22.16	27.87	38.78	40.63	47.92	31.58	

S : Existe diferencia significativa.

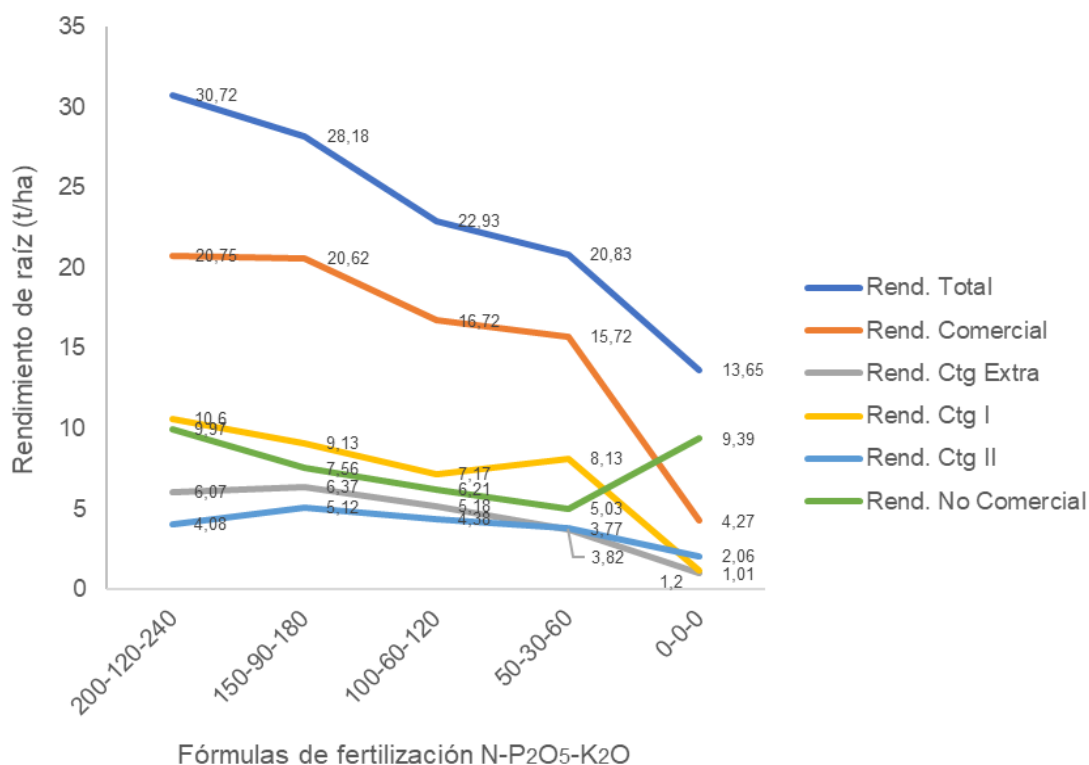
AS : Existe diferencia altamente significativa.

NS : No existe diferencia significativa.

**Cuadro 26.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del efecto principal fórmulas de fertilización para el rendimiento total, rendimiento comercial en sus tres categorías y el rendimiento no comercial en la cosecha.

Fórmulas de fertilización (N- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O kg/ha)	Rend. total (t/ha)	Rend. comercial (t/ha)	Rend. ctg extra (t/ha)	Rend. ctg I (t/ha)	Rend. ctg II (t/ha)	Rend. no comercial (t/ha)
200-120-240	30.72 a	20.75 a	6.07 a	10.6 a	4.08 a	9.97 a
150-90-180	28.18 ab	20.62 a	6.37 a	9.13 ab	5.12 a	7.56 ab
100-60-120	22.93 bc	16.72 ab	5.18 ab	7.17 b	4.38 a	6.21 b
50-30-60	20.83 c	15.72 b	3.77 b	8.13 b	3.82 ab	5.03 b
0-0-0	13.65 d	4.27 c	1.01 c	1.2 c	2.06 b	9.39 a

Promedios con la misma letra, significa que no existe significancia.



**Figura 15.** Efecto principal de las fórmulas de fertilización N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, en el rendimiento de raíces.

En el Cuadro 26, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) y Figura 15, efecto principal de las fórmulas de fertilización kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> para el rendimiento total, rendimiento comercial en sus tres categorías y el rendimiento no comercial o descarte de los niveles del factor A (Fórmulas de fertilización N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O kg/ha) a la cosecha (ocho meses), obteniendo con la fórmula de fertilización 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> mayor rendimiento total con una media de 30.72 t/ha, rendimiento comercial de 20.75 t/ha entre ello tenemos al rendimiento categoría extra (6.07 t/ha), categoría I (10.6 t/ha) y categoría II (4.08 t/ha), y por último el rendimiento de descarte o no comercial (9.97 t/ha), siendo estadísticamente superior a la fórmula 50-30-60 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> con

un rendimiento total de 20.83 t/ha, rendimiento comercial con 15.72 t/ha, rendimiento categoría extra con 3.77 t/ha, rendimiento categoría I con 8.13 t/ha, rendimiento categoría II con 3.82 t/ha y el rendimiento no comercial con 5.03 t/ha; también de la fórmula 0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (testigo absoluto) que tuvo un rendimiento total de 13.65 t/ha, rendimiento comercial con 4.27 t/ha, rendimiento categoría extra con 1.01 t/ha, rendimiento categoría I con 1.2 t/ha, rendimiento categoría II con 2.06 t/ha y el rendimiento no comercial con 9.39 t/ha, con las fórmulas de fertilización 150-90-180 y 100-60-120 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> que tuvieron similares valores de rendimientos, no hubo diferencias estadísticas.

Según los resultados se obtuvo con la fórmula 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> mayor rendimiento de raíz comparado con las demás fórmulas de fertilización, esto posiblemente por la mayor cantidad de nutrientes suministrados al suelo satisfaciendo los requerimientos de la planta, siendo esta planta un cultivo altamente extractora y desgastadora de nutrientes del suelo NAVARRO (1983), además con este nivel se tuvo mayor y mejor calidad de las raíces tuberosas, ya que tuvo un rendimiento total de 30.72 t/ha y un rendimiento comercial de 20.75 t/ha entre ello se tiene al rendimiento de categoría extra (6.07 t/ha), categoría I (10.6 t/ha) y categoría II (4.08 t/ha), de acuerdo a estos rendimientos especialmente al total y a la categoría extra, con respecto al total se obtuvo un buen rendimiento como se mencionó anteriormente, esto posiblemente por la alta cantidad de potasio y nitrógeno suministrados al suelo, que abastecieron al desarrollo de la raíz y planta, del cual se deduce que estos nutrientes son esenciales e importantes en el

desarrollo de la planta en conjunto, el cual se puede corroborar con lo mencionado por NAVARRO (1983), la yuca es un cultivo rústico que se adapta a condiciones de suelo donde otros cultivos no crecen o tendrían rendimientos bajos, debido a su alta capacidad extractora de nutrientes especialmente de potasio y nitrógeno, además coincide con lo mencionado por SCHEID y APARICIO *et al.* (1978) la yuca extrae altísimas cantidades de nutrimentos del suelo, especialmente nitrógeno, potasio y calcio, además se puede observar que el nitrógeno y fósforo también son elementos esenciales que influyen en los rendimientos, coincidiendo con lo mencionado por BRADY (1990), menciona que el nitrógeno influyen en el rendimiento y en la calidad de las cosechas, también con KROCHMAL y SAMUELS (1967), que demostraron que de los tres nutrientes primarios, el fósforo es el que afecta el rendimiento. En cuanto al rendimiento de la categoría extra producido con la fórmula 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, alcanzo un mayor valor comparado con las demás fórmulas, esto posiblemente por la alta cantidad de potasio aplicado que suplió la necesidad de la planta produciendo raíces de calidad, además se sabe que este es un elemento netamente de calidad, lo cual se corrobora con lo mencionado por NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE (1985), el potasio brinda la calidad de los frutos, ayuda al desarrollo de los tubérculos y raíces.

En cuanto al nivel sin fertilizar 0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (testigo absoluto) alcanzó los menores valores de rendimiento en términos generales, esto se debe posiblemente por la insuficiente cantidad de nutriente del suelo, el cual no abasteció cubrir los requerimientos del cultivo, en tal sentido de acuerdo al reporte de nutrientes del análisis físico-químico (Cuadro 6) del suelo, se tiene

un suelo de textura franco arcillo limoso, pH 4.2 (extremadamente ácido), nivel medio de materia orgánica (2.17%) y nitrógeno (0.1%), y nivel bajo de potasio (75.47 ppm) y fósforo (4.21 ppm), para el caso del pH se encuentra dentro del nivel crítico (4-8 pH) y también del potasio (0.15-0.17 meq/100 g de suelo seco), pero el fósforo no está dentro del nivel crítico (7-10 ppm) el cual no satisface la necesidad del cultivo, manifestándose en raíces delgadas y pequeñas produciendo rendimientos bajos y no comerciales o descarte (no está dentro del rango de los parámetros) tal como se obtuvo con el nivel sin fertilizar. En nuestro trabajo de investigación realizado en un suelo ácido con el nivel sin fertilizar se obtuvo un rendimiento total de 13.65 t/ha, el cual fue mayor en 9.25 t/ha a lo obtenido por HOWELER (1981), en los municipios de El Tambo, Mondomo y Santander de Quilichao, Cauca, obtuvo 4.4 t/ha de rendimiento sin fertilizar, aquellos suelos presentan una fertilidad baja, suelos ácidos, nivel medio de materia orgánica, y nivel bajo de fósforo y potasio.

Según CADAVID y HOWELER (1982), mencionan que con 75 a 100 kg/ha de nitrógeno se incrementa el rendimiento a 30 t/ha en promedio, en suelo ultisol de santander de Quilichao, Cauca, cuya fertilidad media y con un pH de 4.3 fuertemente ácido, características similares a nuestro suelo (Cuadro 6) donde se desarrolló la investigación, pero no se obtuvo respuesta semejante a lo obtenido por estos autores, ya que con nuestras aplicaciones de nitrógeno de 50 y 100 kg/ha se obtuvo rendimiento que van desde 20.83 a 22.93 t/ha de raíces, siendo inferior a lo mencionado por estos autores. Por otro lado, NGONGI (1976) menciona que, con aplicaciones moderadas de nitrógeno (50 a 100 kg/ha) se logra aumentar el rendimiento, mientras que aplicaciones

mayores los reducían, en suelo oxisol; este autor concuerda con lo reportado por CADAVID (1988), en suelos de Santander de Quilichao, Mondomo, Pescador y Popayán, Cauca, con 50 y 200 kg/ha de nitrógeno, se registró casi en todos los sitios, que el incremento de productividad se dio con 50 kg/ha, disminuyendo el rendimiento con aplicaciones mayores, excepto en suelos de Popayán en donde con 100 kg/ha se obtuvieron los mayores rendimientos, estos resultados por estos autores no coinciden con lo obtenido en nuestra investigación, ya que a medida que se aumentaba la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo el rendimiento total incrementaba.

En este trabajo de investigación se pudo apreciar la influencia de otros factores de producción aparte de la fertilización, los cuales son las horas luz, la semilla vegetativa (estacas), preparación del terreno, malezas, densidad de siembra y precipitaciones, entre otros. Con respecto a las horas luz el cultivo es una planta de fotoperíodo corto de 10-12 horas sol QUIROS y DE DIEGO (2006), durante el periodo de ejecución del trabajo de investigación (febrero-septiembre) se tuvo un valor de 5.49 horas de luz diarias el cual no fue lo necesario para cubrir la necesidad de la planta con respecto a este factor climático, consecuentemente obteniendo rendimientos no tan superiores, al respecto BOLHUIS (1970), comparando seis variedades de yuca bajo condiciones de iluminación encontró que 10 horas de luz natural más dos horas de luz artificial, incrementan la producción de raíces tuberosas, seguida por 12 y 14 horas luz, también menciona lo mismo MOGILNER (1973), que 10 horas de luz es el periodo más favorable para la producción de las raíces.

La preparación del terreno es un factor de producción importante para la instalación del cultivo, el cual brinda una cama propicia para la brotación de las estacas, consecuentemente incrementando la producción OSPINA *et al.* (2002), además por lo general esta actividad se debe desarrollar en la época seca, para facilitar el crecimiento inicial de las raíces, en nuestro trabajo de investigación se preparó el terreno en época lluviosa (febrero del 2019), de manera manual con pico y palanas recta y curva, removiendo los surcos o hileras a una profundidad de 25-30 cm para facilitar el desarrollo de las raíces, la posición de siembra que se utilizó fue inclinado ya que esta posición permite desarrollar raíces superficiales y no profundas con el propósito de facilitar la cosecha, por lo visto en nuestra investigación la preparación de terreno de forma manual si tuvo un efecto en el crecimiento y producción de las raíces, debido que el nivel sin fertilizar tuvo 13.65 t/ha el cual fue el menor de todos los rendimientos obtenidos, pero fue mayor comparado con lo obtenido por TORO y ATLEE (1981), quienes evaluaron el rendimiento y brotación con diferentes métodos de preparación de terreno, encontrando con el método rastrear-ararastrear-preparación de surcos mayor rendimiento de raíces frescas con 17.6 t/ha.

La densidad de siembra utilizado en nuestra investigación fue de 1 x 1 m entre plantas e hileras con una población de 10000 plantas/ha, el cual fue establecido teniendo en cuenta principalmente el tipo de suelo (franco arcillo limoso), el porte erecto de las variedades (chaucha y señorita) y el uso del producto (industrial), al respecto el ICA (1970) menciona que este factor influye en el establecimiento y rendimiento, depende de varios factores (tipo de suelo,

fertilidad del suelo, variedad, hábito de crecimiento y la utilidad que se dará al producto); así mismo de acuerdo a los rendimientos obtenidos con nuestra densidad (10000 plantas/ha) se puede determinar que si tuvo efecto este factor en el rendimiento del cultivo, lo que se puede corroborar con lo siguiente: con el nivel sin fertilizar se tuvo un rendimiento de 13.65 t/ha el cual fue mayor a los reportes de BÁEZ *et al.* (1998), que obtuvieron un rendimiento de 11 t/ha, bajo las mismas condiciones de densidad de siembra (10 000 plantas/ha) y sin fertilizar.

Otro factor de producción importante en el rendimiento es el control de las malezas, en nuestra investigación se realizó un control manual cada 15 días después de la siembra, para evitar la competencia de las malezas con el cultivo y evitar disminuciones en el rendimiento, se realizó manualmente el control para evitar dañar las raíces y disminuir gastos de producción, al respecto ANGULO (2001), menciona que esta actividad es posiblemente el principal factor del costo de producción del cultivo, y el rendimiento se incrementa sustancialmente a medida que se controla la maleza en el periodo crítico (60 a 75 días después de la siembra), para ello se debe combinar el control químico con el manual para tener mejor efecto de control, caso contrario el rendimiento disminuye en un 50% aproximadamente, además HOMEN (1984), alerta que debemos cuidar la plantación de la presencia de las malezas durante los 15 días de brotación sino causara reducciones drásticas del rendimiento. De acuerdo a nuestros rendimientos se determinó que el control de malezas si tuvo efecto en el rendimiento, el cual se puede corroborar con lo siguiente: se tuvo un rendimiento máximo de 30.72 t/ha controlado las malezas

manualmente, el cual fue mayor al resultado obtenido por SCHARFF (1988), que tuvo 23.5 t/ha con control de malezas y 4.7 t/ha sin control de malezas.

Por último, la precipitación ha sido otro factor de producción importante en esta investigación debido a que se instaló en época de alta precipitación pluvial con un promedio de 204.79 mm mensuales (Cuadro 5), este factor influyó en el efecto de los fertilizantes aplicados al suelo, principalmente del fertilizante nitrogenado y potásico por su alta solubilidad en agua el cual hizo perder su asimilación por las plantas. Según LARDIZABAL (2009), el rango óptimo de precipitación es de 750 a 2000 mm anuales, el lugar donde se instaló la investigación tiene una precipitación anual promedio de 3200 mm, por lo visto es demasiado para el requerimiento del cultivo, deduciendo que este factor tuvo influencia no solo en la fertilización sino también en la fisiología del cultivo.

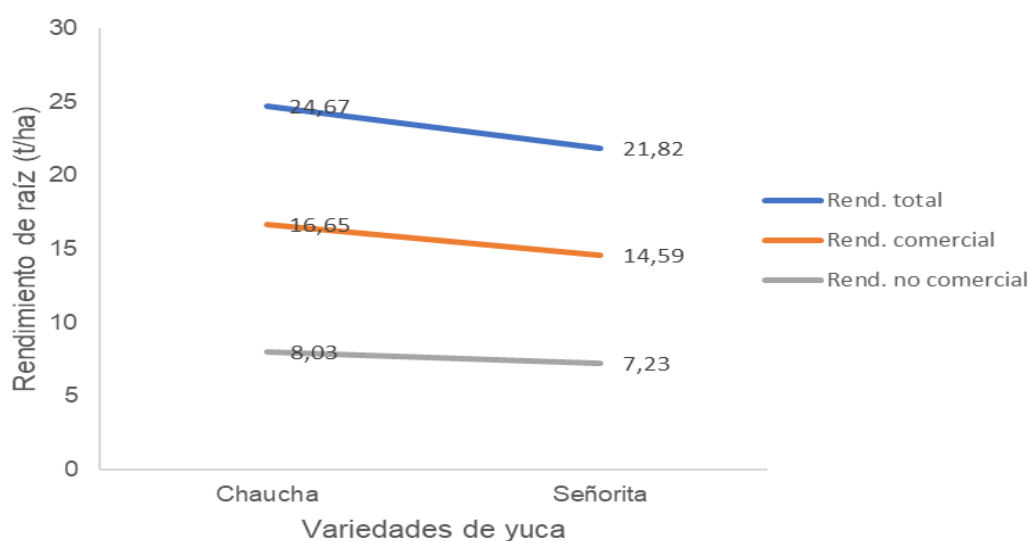
En el Cuadro 27, se muestra la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento total, rendimiento comercial y no comercial de la raíz de las variedades de yuca en estudio, obteniendo ausencia de diferencia estadística ( $\alpha>0.05$ ) entre la variedad Señorita y Chaucha, pero, aritméticamente la variedad Chaucha tuvo mayor rendimiento total (24.67 t/ha), rendimiento comercial (16.65 t/ha) y no comercial (8.03 t/ha) en comparación con la variedad Señorita que tuvo un rendimiento total (21.82 t/ha), rendimiento comercial (14.59 t/ha) y no comercial (7.23 t/ha).

Según el resultado obtenido, la variedad Señorita, tuvo un rendimiento total de 21.82 t/ha, valor mayor a lo obtenido por LINARES (2012), con la

misma variedad (Señorita) que obtuvo 17.97 t/ha, este autor realizo su investigación en un suelo con baja fertilidad manifestándose en baja concentración de materia orgánica, alta concentración de aluminio y pH 4.5 extremadamente ácido, características de suelo semejante al área experimental (Cuadro 6) donde se ejecutó la investigación, bajo estas características semejantes de suelo se obtuvo que la variedad Señorita supere en rendimiento a lo obtenido por este autor, también la variedad Chaucha (24.67 t/ha), por lo que se puede aseverar que la variedad Señorita y Chaucha son variedades que se adaptan a suelos ácidos.

**Cuadro 27.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento total, rendimiento comercial y no comercial de las variedades de yuca.

Variedad	Rend. total (t/ha)	Rend. comercial (t/ha)	Rend. no comercial (t/ha)
Chaucha	24.67 a	16.65 a	8.03 a
Señorita	21.82 a	14.59 a	7.23 a



**Figura 16.** Rendimiento de raíz de las variedades de yuca.

### 4.3. Análisis de rentabilidad

En el Cuadro 28, se muestra el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio, obteniendo con los tratamientos T<sub>8</sub> (150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Chaucha) y T<sub>10</sub> (200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Chaucha) los mejores resultados económicos, esto por tener los mayores valores de Beneficio/Costo (B/C), valor de producción y utilidad neta que los demás tratamientos, en particular sobre los testigos el tratamiento T<sub>1</sub> (0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Señorita) y T<sub>2</sub> (0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Chaucha). El tratamiento T<sub>10</sub> (200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Chaucha) tiene mayor valor de producción (S/. 21207 nuevos soles) y costo de producción (S/. 6983.5 nuevos soles) comparado con el tratamiento T<sub>8</sub> (150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en la variedad Chaucha) que tiene un valor de producción de S/. 21076 nuevos soles y un costo de producción de S/. 6407.5 nuevos soles, pero con respecto a la utilidad neta y Beneficio/Costo entre estos dos tratamientos, el tratamiento T<sub>8</sub> (150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en la variedad Chaucha) tiene un valor de B/C de 3.28 y utilidad neta de S/. 14668.5 nuevos soles, siendo mayor al tratamiento T<sub>10</sub> (200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Chaucha) que tiene un valor de B/C de 3.03 y utilidad neta de S/. 14223.5 nuevos soles, por lo que se deduce que el tratamiento T<sub>8</sub> (150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en la variedad Chaucha) es el mejor económicamente al resto de tratamientos en estudio, así mismo se debe fomentar la aplicación de este tratamiento en los productores de yuca de la región para incrementar el rendimiento y calidad de la raíz reservante, y también mejorar su calidad de vida.

**Cuadro 28.** Análisis económico de los tratamientos en estudio.

Trat.	Clave	Descripción		Precio venta en kg (S/.)*	Precio venta en kg (S/.)**	Rend. comercial (t/ha)*	Rend. no comercial (t/ha)**	Valor de producción (S/.ha)	Costo de producción (S/.ha)	Utilidad neta (S/.ha)	Índice de rentabilidad	Rent. Directa (%)	B/C
		Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Variedad										
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0-0-0	Señorita	0.8	0.3	5310	7450	6483	4314.5	2168.5	0.50	50.26	1.50
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0-0-0	Chaucha	0.8	0.3	3230	11330	5983	4314.5	1668.5	0.38	38.67	1.38
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	50-30-60	Señorita	0.8	0.3	14890	5880	13676	5247.7	8428.3	1.60	160.60	2.60
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	50-30-60	Chaucha	0.8	0.3	16550	4180	14494	5247.7	9246.3	1.76	176.19	2.76
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	100-60-120	Señorita	0.8	0.3	15460	5370	13979	5855.1	8123.9	1.38	138.74	2.38
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	100-60-120	Chaucha	0.8	0.3	17980	7060	16502	5855.1	10646.9	1.81	181.83	2.81
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	150-90-180	Señorita	0.8	0.3	18030	6750	16449	6407.5	10041.5	1.56	156.71	2.56
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	150-90-180	Chaucha	0.8	0.3	23210	8360	21076	6407.5	14668.5	2.28	228.92	3.28
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	200-120-240	Señorita	0.8	0.3	19250	10710	18613	6983.5	11629.5	1.66	166.52	2.66
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	200-120-240	Chaucha	0.8	0.3	22260	11330	21207	6983.5	14223.5	2.03	203.67	3.03

\* : Precio unitario de venta de las raíces comerciales : S/. 0.8xkg

\*\* : Precio unitario de venta de las raíces no comerciales : S/. 0.3xkg

B/C : Valor de producción/costo de producción

## V. CONCLUSIONES

1. La fórmula de fertilización 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> estadísticamente presentó mayor altura de planta (2.14 m), diámetro de tallo (1.87 cm), número de raíz/planta (9.25), peso de raíces/planta (3.08 kg), peso de raíz (358.21 g), longitud (33.55 cm) y diámetro de raíz (3.8 cm) en comparación con la fórmula 0-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, con las otras fórmulas no tuvo diferencias estadísticas. La variedad Chaucha estadísticamente presentó mayor número de raíces/planta (8.6) y longitud (33.51 cm) que la variedad Señorita, mientras que la variedad Señorita estadísticamente presentó mayor diámetro de raíz (3.76 cm) y peso de raíz (314.55 g) en comparación con la variedad Chaucha.
2. La fórmula de fertilización 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> careció de significación estadística pero aritméticamente presentó mayor rendimiento total con 30.72 t/ha, rendimiento comercial 20.75 t/ha y 9.97 t/ha no comerciales, en comparación con la fórmula 150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Para la variedad se determinó que las dos variedades no presentaron diferencias estadísticas en el rendimiento.
3. El tratamiento T<sub>8</sub> (150-90-180 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en la variedad Chaucha) tuvo la mejor relación beneficio/costo con 3.28, seguido el tratamiento T<sub>10</sub> (200-120-240 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en la variedad Chaucha) con un valor de beneficio/costo de 3.03.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el efecto de niveles de fósforo en suelos de baja fertilidad, tal como fue en el área experimental, donde se evidenció con la fórmula sin fertilizar que el fósforo limitó el crecimiento y desarrollo de la raíz, repercutiendo negativamente en el rendimiento. De tal manera, que nos permita conocer el nivel óptimo de fósforo bajo esas condiciones de suelo.
2. Probar las fórmulas de fertilización aplicadas en esta investigación en otras regiones productoras de yuca, de tal manera que nos permita estandarizar una fórmula de fertilización a aplicar en el país.
3. Realizar trabajos sobre fertilización en el cultivo de yuca en la ciudad de Tingo María, ya que carece de información actualizada en este rubro del cultivo, utilizando como guía este trabajo de investigación.
4. Realizar trabajos de fertilización en suelo aluviales y evaluar el rendimiento y calidad de la raíz, con los resultados de esta investigación.
5. Evaluar el rendimiento de la variedad de yuca Señorita y Chaucha en un suelo aluvial y comparar con los resultados de esta investigación, de tal manera que se seleccione el mejor suelo y variedad que se adapte al tipo de suelo.

## VII. RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de cinco fórmulas de fertilización N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en el rendimiento de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo ácido en Tingo María, se estableció una parcela experimental en la localidad de Supte San Jorge ubicada en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco para ello se utilizó 10 tratamientos obtenidos de las combinaciones de los niveles de los factores A (Fórmulas de fertilización N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O kg/ha) y B (Variedades de yuca) distribuidos bajo un diseño en bloques completos al azar; las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro del tallo, número de raíces por planta, longitud de raíz, diámetro de raíz, peso de raíz y el rendimiento. En los resultados se encontró mejores características biométricas y de rendimiento con la fórmula de fertilización 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. En caso de la rentabilidad se obtuvo con el tratamiento T<sub>8</sub> (150-90-180 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en la variedad Chaucha) la mejor relación beneficio costo con 3.28 y utilidad neta con un valor de S/. 14668.5 nuevos soles, seguido por el tratamiento T<sub>10</sub> (200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> en la variedad Chaucha) con un valor de beneficio/costo de 3.03 y utilidad neta de S/. 14223.5 nuevos soles, incentivando al productor de yuca a aplicar uno de estos dos tratamientos que le brindará un buen rendimiento y rentabilidad.

## ABSTRACT

In order to determine the effect of five N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O fertilization formulas on the yield of two varieties of yucca (*Manihot esculenta* Crantz) in acidic soil in Tingo Maria, an experimental plot was established in the town of Supte San Jorge. located in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huanuco region, for this, 10 treatments were performed obtained from the combinations of the levels of factors A (fertilization formulas N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O kg / ha) and B (varieties of yucca) distributed under a randomized complete block design; the variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of roots per plant, root length, root diameter, root weight and yield. In the results, better biometric and yield characteristics were found with the fertilization formula 200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. In the case of profitability, the best cost-benefit ratio with 3.28 and net profit with a value of S /. 14668.5 nuevos soles, followed by the T10 treatment (200-120-240 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> and the Chaucha variety) with a benefit / cost value of 3.03 and a net profit of S /. 14223.5 nuevos soles, encouraging the cassava producer to apply one of these two treatments that will provide good performance and profitability.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ, E., LLANO, G. 2002. Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control. En: Ospina, B y Ceballos, H. La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Pp. 131-147.
2. ALVES, A. A. C. 2002. Cassava Botany and Physiology. En: Cassava: Biology, Production and Utilization. Hillocks, RJ, JM Thresh; AC Belloti (eds). CABI Publishing, New York. Pp. 67-89.
3. BÁEZ, J., ANTEQUERA, R., RAMOS, J., GUTIERREZ, W., MEDRANO, C. 1998. Densidad de siembra y control de malezas en el cultivo de la yuca (*Manihot esculanta* Crantz) en simbra directa bajo las condiciones de la planicie de Maracaibo. Revista Facultad de Agronomía. (Luz).15: 429-443.
4. BARRIOS, J. 1985. Efecto de la inferencia de las malezas en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Resúmenes IV Jornadas de la Sociedad Venezolana para el control de Malezas. Maracay. 48 p.
5. BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
6. \_\_\_\_\_. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 307 p.
7. BONIERBALE, M., GUEVARA, C., DIXON, A., NG, N., ASIEDU, R., NG, S. 1997. Cassava. In Fuccillo, D; Sears, L; Stapleton, P (eds.).

Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centres. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press. Pp. 1-20.

8. BUITRAGO, A.J.A. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia, CECORA. 450 p.
9. BURGOS, A.M., CENÓZ, P.J. 2010. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. Revista Científica UDO Agrícola. 12(1): 143-151.
10. BRADY, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. Millan Publishing Co. Inc. 8ª Edición. New York, E.U.A. 639 p.
11. CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos. 3 ed. Lima, Perú. 640 p.
12. CALLE, C. 2002. Tecnologías modernas para la producción de yuca. Control de malezas en el cultivo de yuca. 109 p.
13. CÁSSERES, H.E.1986. Papa, yuca y camote: cultivo y aprovechamiento. Santiago, Chile, FAO. Pp. 40-50.
14. CADAVID, L.F., HOWELER, R.H.1982. Fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su efecto a largo plazo sobre la fertilidad del suelo. Suelos ecuatoriales. Revista Científica UDO Agrícola. 12(1): 59-72.
15. CADAVID, L.F. 1988. Respuesta de la yuca a la aplicación de N-P-K en suelos con características diferentes. Universidad Nacional de

Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.  
199 p.

16. CADAVID, F. 2002. Conservación de suelos dedicados al cultivo de la yuca. En: El cultivo de la yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, Colombia, CIAT. 34 p.
17. CADAVID, F. 2011. Manual de nutrición vegetal: una visión de los aspectos nutricionales del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Cali, Colombia, CIAT. 175 p.
18. CLAYUCA. 2015. Tecnologías modernas para la producción de yuca. Cartilla. Palmira, Colombia, Clayuca. 145 p.
19. CEBALLOS, H., DE LA CRUZ, G.A. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. En: El cultivo de la yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, Colombia, CIAT. 45 p.
20. COOK, J.H. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 240 p.
21. COCK, J. H.; D. FRANKLIN; G. SANDOVAL; P. JURI. 1979. The Ideal Cassava Plant for maximum yield. CropSci. Pp. 265-272.
22. CUADRADO, H., MEJIA, S., CONTRERAS, A., ROMERO, A., GARCÍA, J. 2006. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe Colombiana. Cali, Colombia, Corpoica. Centro de Investigación Turipana. 25 p.

23. CROVETO, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Publicación del Ministerio de Agricultura y Cría de Chile. 303 p.
24. CHAPARRO, E.I., TRUJILLO, G. 2003. Enfermedades virales en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en algunos estados de Venezuela. Revista Facultad de Agronomía 20:461-467.
25. ESTRADA, J., CUMING, N. 1978. Efecto de la aplicación de cal y fósforo a horizontes específicos de un suelo ácido sobre el crecimiento y contenido de fósforo y aluminio en el maíz. Anales científicos (Perú). 4(1-2): Pp. 5-78.
26. ESTRADA, J., ZAPATA, F., BAZAN, R. 1973. Manual de análisis de suelos y plantas. La Molina, Universidad Nacional Agraria. 84 p.
27. FAO. 2002. Tabla de composición de alimentos de América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. [En línea]: (<http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/resulta.asp/>., revisado el 10 de mayo del 2019).
28. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. Data Base. [En línea]: (<http://WWW.fao.org>., revisado el 10 de mayo del 2019).
29. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. Data Base. [En línea]: (<http://WWW.fao.org>., revisado el 10 de mayo del 2019).

30. FASSBENDER, H.W. 1986. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, IICA. 398 p.
31. FASSBENDER, H. W. 1967. La fertilización del frijol (*Phaseolus* sp). En: Yuca: Investigación, Producción y Utilización Documento de Trabajo N° Programa de yuca. Referencia de los cursos de Capacitación sobre Yuca dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. 36 p.
32. FERTINOVA. s.f. Superfosfato triple de calcio. Ficha técnica. Jalisco, México, Fertinova. 3 p. [En línea]: Fertinova, (<http://www.fertinova.mx/sites/default/files/ficha%20superfosfato%20de%20calcio%20triple.pdf>, revisado el 20 de julio del 2020).
33. FERTINOVA. 2015. Ficha técnica de los fertilizantes. Jalisco, México, Fertinova. 26 p. [En línea]: Fertinova, (<http://www.fertinova.mx/sites/default/files/fichas%20t%C3%A9cnicas.pdf>, revisado el 20 de julio del 2019).
34. GUZMÁN, N.L., PÉREZ, R. 1992. Evaluación del cultivo de yuca *Manihot sculenta* crantz bajo diferentes densidades de población en una zona del Municipio De Puerto Libertador, Córdoba. Tesis Ing. Agrónomo. Montería, Universidad de Córdoba. 117 p.
35. HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología, basado en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Tercera reimpresión. 216 p.
36. HOWELER, R. 1981. Nutrición Mineral y fertilización de la yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 55 p.

37. HOMEN, M. 1984. Efecto de competencia de malezas en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Resúmenes 111 Jornadas de la Sociedad Venezolana para el Control de Malezas. Barquisimeto. 10 p.
38. INGA S.H., LÓPEZ, P.J. 2001. Diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Jenaro Herrera, Loreto – Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). Iquitos, Perú. Pp. 21-23.
39. INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE. 1997. Potassium and plant health IPI. Research Tropics N°3. Berna, Switzerland. 218 p.
40. INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA). 1994. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima, Perú, INRENA. 196 p.
41. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE VIANDAS TROPICALES. 2008. Instructivo técnico del cultivo de la yuca. Por un desarrollo ecológico y sostenible en armonía con la naturaleza y la sociedad. La Habana, Cuba, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 16 p.
42. KAMPRAT, E.S. 1967. Soil acidity and response to liming. Tnt soil testing Bull 4, N. C. S. V., Nort Carolina. 23 p.
43. KUMARI, S., JAYAPAL, A., PADMANABHAN, V.B. 2016. Tropical Tuber Crops. In Srinivasa Rao, NK; Shivashankara, KS; Laxman, RH (eds.). Abiotic stress physiology of horticultural crops. India, Springer India. Pp. 358-359.

44. KROCHMAL, A. AND G. SAMUELS. 1967. The influence of N, P, K levels on the growth and tuber development of cassava in tanks. 1st. Intern. Symp. Trop. Roots Crops, Trinidad, 1 (2): 97-102.
45. LARDIZABAL, R. 2009. Manual de producción: producción de yuca Valencia. Tegucigalpa, Honduras, MCA-Honduras/EDA. 27 p. [En línea] Infoagro, ([http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/77/EDA\\_Manual\\_Produccion\\_Yuca\\_06\\_09.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/77/EDA_Manual_Produccion_Yuca_06_09.pdf?sequence=1), revisado el 18 julio del 2019).
46. LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, IICA. 445 p.
47. LOTERO, J. C. 1974. Absorción de Fósforo y sus funciones en la planta. En: Yuca: Investigación, Producción y Utilización Documento de Trabajo N° 50 Programa de yuca. Referencia de los cursos de Capacitación sobre Yuca dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. 45 p.
48. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos. San José, Costa Rica, DIA. 559 p.
49. MINAGRI, 2013. Informe de seguimiento agroeconómico. Edición, noviembre 2013. Perú. 28 p.
50. MONTALDO, A. 1985. La yuca o mandioca; cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. Pp. 36-37 y 150-160.

51. MONTALDO, A. 1979. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica, 386 p.
52. OSPINA, B., CEBALLOS, H. 2002. La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, Colombia, CIAT, CLAYUCA. 585 p.
53. PÉREZ, A.O., LONDOÑO DE R.N. 1975. Curso sobre producción de yuca. Ministerio de Agricultura. Instituto Colombiano - Agropecuario. Medellín, Colombia, CIAT. 217 p.
54. QUIÍIONES, V., DE CARRILLO M., MORENO, N. 1982. Control de malezas en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) bajo condiciones de secano en el Campo Experimental de Ciudad Bolivia, estado; Barinas. En: Resúmenes 11 Jornadas de la Sociedad Venezolana para el Control de Malezas. Maracaibo. 32 p.
55. QUIRÓS, A.B., DE DIEGO, J.E. 2006. Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de yuca (*Manihot esculenta*). Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, ITCR. 121 p.
56. RAMIREZ, A. 1978. Fertilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz): Informe de progreso 1978. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia, ICA. 104 p.
57. RODRÍGUEZ, R. 1981a. Selectividad de herbicidas en el cultivo de la yuca. En: Resúmenes 1 Jornada de la Sociedad Venezolana para el control de malezas. Maracay. 37 p.

58. RODRÍGUEZ, R. 1981b. Control de malezas en siembras de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Resúmenes 1 Jornada de la Sociedad Venezolana para el Control de Malezas. Maracay, Venezuela. 14 p.
59. RUIZ, T.J. 2009. Efecto de dos niveles de nitrógeno y tres densidades de siembra para la producción de follaje de una accesión promisoría de yuca señorita (*Manihot esculenta* Crantz) en un ultisol de Ucayali. Tesis Ing. Agrónomo. Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali. 89 p.
60. SUÁREZ, L AND MEDEROS, V. 2011. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz): tendencias actuales. Cultivos Tropicales. Pp. 27-35.
61. SUÁREZ, L AND HERNÁNDEZ, M.M. 2008. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la propagación in vitro de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), var. CMC-40. Cultivos Tropicales. 9(23): 47-52.
62. TAMHANE, R.V., MOTIRAMANI, D.P., BALI, P. 1979. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. México y Diana. 483 p.
63. TERNES, M. 2002. Fisiología da Planta. En: Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas. Cereda, MP (coord). Fundação Cargill. San Paulo, Brasil. Pp. 66-82.
64. VENTURA. J., PULGAR, R. 1990. Efecto de la densidad de siembra y frecuencia de corte sobre los componentes de la producción y

follaje de yuca *Manihot esculenta* Crantz En: Revista de Agronomía. 7: 229-243.

65. YPF. 2018. Fertilizantes potásicos; Cloruro de potasio. Ficha comercial. Brasil, YPF. 2 p. [En línea]: Fundación YPF, (<https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/CLORURO-DE-POTASIO.pdf>, revisado el 27 de Setiembre del 2019).

## **IX. ANEXO**

**Cuadro 29.** Datos originales de altura de planta tomadas mensualmente.

Trat.	Comb.	Bloques	Altura (m)					
			1 <sup>er</sup> mes	2 <sup>do</sup> mes	3 <sup>er</sup> mes	4 <sup>to</sup> mes	5 <sup>to</sup> mes	6 <sup>to</sup> -mes
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	I	0.19	0.74	1.30	1.47	1.49	1.71
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	I	0.18	0.68	1.18	1.35	1.49	1.31
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	I	0.19	0.69	1.51	1.78	1.81	1.90
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	I	0.18	0.87	1.56	1.82	2.01	2.12
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	I	0.19	0.73	1.65	1.99	2.03	2.05
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	I	0.17	0.83	1.65	1.94	2.13	2.25
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	I	0.19	0.82	1.66	2.03	2.16	2.28
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	I	0.20	0.86	1.63	1.81	2.06	2.20
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	I	0.18	0.81	1.75	2.13	2.33	2.31
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	I	0.14	0.70	1.52	1.74	1.93	2.02
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	II	0.18	0.74	1.33	1.66	1.68	1.74
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	II	0.15	0.66	1.22	1.52	1.64	1.74
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	II	0.13	0.64	1.39	1.77	1.84	1.91
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	II	0.17	0.82	1.55	1.85	1.94	2.16
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	II	0.19	0.72	1.64	1.89	2.07	2.01
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	II	0.17	0.82	1.56	1.80	1.98	2.08
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	II	0.18	0.79	1.68	2.02	1.95	2.01
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	II	0.16	0.64	1.47	1.72	1.94	2.06
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	II	0.19	0.90	1.70	2.00	1.94	2.12
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	II	0.12	0.58	1.39	1.70	1.82	1.78
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	III	0.15	0.56	1.25	1.68	1.70	1.82
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	III	0.18	0.72	1.22	1.50	1.70	1.53
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	III	0.17	0.83	1.71	2.08	2.22	2.25
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	III	0.17	0.77	1.53	1.84	2.13	2.27
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	III	0.18	0.78	1.64	1.97	2.03	1.90
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	III	0.14	0.80	1.57	1.71	1.95	2.10
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	III	0.20	0.76	1.52	1.91	1.93	2.14
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	III	0.14	0.77	1.45	1.73	2.05	2.23
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	III	0.16	0.73	1.55	1.95	2.11	2.04
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	III	0.15	0.66	1.34	1.47	1.78	1.72
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.15	0.60	1.35	1.41	1.50	1.64
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.17	0.67	1.24	1.49	1.71	1.91
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.13	0.59	1.24	1.67	1.73	1.90
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.14	0.63	1.41	1.74	1.90	2.08
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.16	0.65	1.46	1.88	2.00	2.27
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.15	0.65	1.52	1.56	1.71	1.87
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.15	0.61	1.42	1.79	2.03	2.21
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.15	0.70	1.47	1.68	1.86	1.99
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.12	0.58	1.51	1.93	2.18	2.26
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.14	0.63	1.37	1.71	1.88	2.06

**Cuadro 30.** Datos originales del diámetro de tallo de la planta tomadas mensualmente.

Trat.	Comb.	Bloques	Diámetro (cm)					
			1 <sup>er</sup> mes	2 <sup>do</sup> mes	3 <sup>er</sup> mes	4 <sup>to</sup> mes	5 <sup>to</sup> mes	6 <sup>to</sup> mes
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	I	0.55	1.11	1.46	1.49	1.46	1.57
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	I	0.51	0.98	1.30	1.41	1.50	1.19
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	I	0.63	1.19	1.64	1.71	1.76	1.84
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	I	0.57	1.19	1.66	1.77	1.82	1.82
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	I	0.62	1.25	1.74	1.86	1.94	1.91
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	I	0.55	1.16	1.74	1.87	1.97	1.82
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	I	0.66	1.24	1.77	1.86	1.93	1.84
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	I	0.58	1.18	1.75	1.89	1.93	1.81
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	I	0.62	1.34	1.85	1.94	1.96	1.85
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	I	0.50	1.07	1.71	1.82	1.84	1.65
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	II	0.59	1.20	1.63	1.71	1.73	1.43
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	II	0.51	1.03	1.42	1.49	1.59	1.60
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	II	0.47	1.08	1.58	1.73	1.76	1.73
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	II	0.52	1.23	1.76	1.77	1.86	1.71
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	II	0.60	1.26	1.66	1.78	1.80	1.72
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	II	0.50	1.15	1.69	1.77	1.81	1.69
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	II	0.68	1.43	2.14	1.97	2.04	1.93
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	II	0.51	1.16	1.63	1.87	1.77	1.64
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	II	0.68	1.43	1.89	1.94	1.96	1.88
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	II	0.43	0.92	1.51	1.67	1.70	1.60
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	III	0.53	1.05	1.56	1.65	1.68	1.73
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	III	0.55	1.08	1.42	1.55	1.61	1.54
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	III	0.57	1.33	2.02	1.92	1.95	1.80
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	III	0.49	1.13	1.77	1.77	1.76	1.92
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	III	0.59	1.23	1.80	1.87	1.98	1.81
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	III	0.49	1.36	1.57	1.91	1.83	1.64
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	III	0.73	1.12	1.94	1.98	2.02	2.06
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	III	0.48	1.13	1.59	1.78	1.85	1.84
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	III	0.57	1.23	1.79	1.87	1.95	1.83
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	III	0.46	1.00	1.53	1.64	1.72	1.69
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.54	1.07	1.53	1.56	1.55	1.68
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.56	1.12	1.59	1.57	1.68	1.69
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.52	1.08	1.55	1.74	1.81	1.71
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.48	1.00	1.64	1.76	1.88	1.89
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.59	1.20	1.92	1.84	2.10	1.96
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.52	1.06	1.77	1.79	1.87	1.93
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.53	1.09	1.74	1.92	1.98	1.98
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.51	1.12	1.75	1.76	1.85	1.88
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	IV	0.56	1.06	1.66	1.80	1.93	1.91
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	IV	0.45	1.05	1.66	1.74	1.80	1.87

**Cuadro 31.** Cuadrado medio de la altura y diámetro de tallo de la planta al sexto mes de instalado el cultivo.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Altura (m)	Diámetro de tallo (cm)
Bloque	3	0.0065 NS	0.0469 NS
Tratamiento	9	0.1507 AS	0.0695 AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	0.2764 AS	0.1200 AS
B (Variedades de yuca)	1	0.0220 NS	0.0765 S
Interacción (A*B)	4	0.0571 NS	0.0173 NS
Error. Experimental	27	0.0258	0.0104
<b>Total</b>	<b>39</b>		
C.V : (%)		8.03	5.8

NS : No existe significancia estadística.

S : Existe significancia estadística al 5% de probabilidad.

AS : Existe significancia estadística al 1% de probabilidad.

**Cuadro 32.** Datos originales de las características biométricas de la raíz reservante tomadas en la cosecha.

Trat.	Comb.	Bloques	Nº raíz/planta	Peso raíz/planta (kg)	Peso de raíz (g)	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	I	3	0.75	236.6	20.3	3.6
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	I	5	0.9	173.45	26.06	3.15
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	I	7	2.01	286.74	29.38	3.75
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	I	8	2.04	245.5	33.65	3.45
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	I	6	1.82	304.28	29.02	3.72
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	I	10	2.78	277.55	33.98	3.61
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	I	7	2.24	319.6	29.6	3.89
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	I	11	3.38	307.65	34.76	3.86
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	I	8	3.12	374.54	33.86	3.78
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	I	11	3.31	315.25	33.25	3.69

Trat.	Comb.	Bloques	Nº raíz/planta	Peso raíz/planta (kg)	Peso de raíz (g)	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	II	5	1.20	217.5	25.94	3.08
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	II	6	1.06	177.27	34.88	2.66
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	II	6	1.79	324.8	31.12	3.77
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	II	5	1.51	301.27	34.62	3.42
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	II	10	2.96	306.12	30.23	3.69
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	II	10	3.00	300.13	31.97	3.5
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	II	8	2.47	308.8	30.67	3.57
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	II	12	3.58	311.26	32.08	3.52
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	II	10	3.07	306.88	29.6	3.6
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	II	8	3.05	405.8	35.68	3.64
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	III	8	2.32	290.25	29.89	3.60
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	III	9	2.14	237.30	30.85	3.39
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	III	7	2.36	337.74	31.19	3.77
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	III	10	2.74	301.17	34.13	3.60
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	III	5	1.80	359.20	34.40	4.18
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	III	7	1.97	302.74	36.97	3.55
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	III	10	3.02	318.16	30.74	3.75
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	III	9	2.90	327.31	37.04	3.85
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	III	8	2.47	308.46	33.31	3.81
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	III	10	3.01	300.18	35.25	3.51
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	IV	5	0.83	177.89	24.54	3.38
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	IV	7	1.37	195.69	27.74	3.11
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	IV	6	2.15	322.55	33.00	4.00
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	IV	7	1.88	282.50	35.78	3.51
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	IV	6	2.43	383.18	32.47	4.08
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	IV	8	2.27	283.56	34.83	3.57
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	IV	7	2.34	334.07	32.74	3.85
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	IV	10	3.47	347.20	35.48	3.51
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	IV	7	3.32	473.60	36.33	4.35
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	IV	9	3.43	381.00	31.13	4.04

**Cuadro 33.** Cuadrado medio de las características biométricas de la raíz reservante a la cosecha.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios				
		Nº raíz/planta	Peso de raíces/planta (kg)	Peso de raíz (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
Bloques	3	2.2917 NS	0.0951 NS	2183.8981 NS	15.8715 S	0.1719 AS
Tratamientos	9	9.6917 AS	1.9798 AS	11389.931 AS	34.9493 AS	0.2619 AS
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	14.275 AS	4.0648 AS	23168.4478 AS	49.8393 AS	0.3968 AS
B (Variedades de yuca)	1	27.225 AS	0.7075 NS	6681.5012 S	95.481 AS	0.6459 AS
Interacción (A*B)	4	0.725 NS	0.2130 NS	788.5213 NS	4.9264 NS	0.0309 NS
Error. Experimental	27	2.625	0.2189	1432.804	5.1033	0.0312
<b>Total</b>	<b>39</b>					
C.V : (%)		20.84	19.85	12.55	7.07	4.86

NS : No existe significación estadística.

S : Existe significación estadística al 5% de probabilidad.

AS : Existe significación estadística al 1% de probabilidad.

**Cuadro 34.** Datos originales del rendimiento extra por área neta de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.00	0.00	1.82	1.59	3.41	0.85
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.00	0.00	1.44	0.00	1.44	0.36
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1.43	2.10	1.80	3.44	8.79	2.20
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	2.27	1.63	3.79	1.58	9.29	2.32
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	3.39	1.92	2.41	4.97	12.70	3.18
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	3.32	3.18	2.04	3.59	12.15	3.04
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	2.70	3.27	4.39	4.85	15.23	3.81
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	2.14	4.68	2.81	5.67	15.31	3.83
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	2.12	3.99	4.20	3.12	13.45	3.36
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	4.41	1.63	3.62	6.01	15.69	3.92
<b>Total</b>		<b>21.82</b>	<b>22.44</b>	<b>28.35</b>	<b>34.86</b>	<b>107.47</b>	<b>26.87</b>

**Cuadro 35.** Datos originales del rendimiento extra por hectárea de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.00	0.00	3.03	2.65	5.68	1.42
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.00	0.00	2.40	0.00	2.40	0.60
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	2.40	3.51	3.00	5.74	14.65	3.66
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	3.80	2.73	6.33	2.63	15.49	3.87
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	5.65	3.21	4.02	8.29	21.17	5.29
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	5.54	5.31	3.4	5.99	20.24	5.06
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	4.52	5.46	7.32	8.09	25.39	6.35
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	3.57	7.81	4.69	9.47	25.54	6.39
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	3.54	6.66	7.00	5.21	22.41	5.60
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	7.35	2.73	6.04	10.03	26.15	6.54
<b>Total</b>		<b>36.37</b>	<b>37.42</b>	<b>47.23</b>	<b>58.10</b>	<b>179.12</b>	<b>44.78</b>

**Cuadro 36.** Datos originales del rendimiento categoría I por área neta de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.00	0.64	2.90	0.34	3.88	0.97
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.00	0.00	1.25	0.60	1.85	0.46
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	5.58	3.26	4.77	4.55	18.17	4.54
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	2.907	3.93	9.31	4.69	20.86	5.22
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	3.86	6.67	1.08	3.49	15.11	3.78
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	5.37	5.18	5.43	3.29	19.29	4.82
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	5.95	5.32	2.85	3.74	17.88	4.47
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	8.00	6.25	4.69	6.99	25.94	6.49
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	8.99	5.82	4.20	4.48	23.51	5.88
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	9.74	7.19	4.68	5.75	27.38	6.85
<b>Total</b>		<b>50.42</b>	<b>44.31</b>	<b>41.19</b>	<b>37.95</b>	<b>173.87</b>	<b>43.47</b>

**Cuadro 37.** Datos originales del rendimiento categoría I por hectárea de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.00	1.07	4.84	0.57	6.48	1.62
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.00	0.00	2.08	1.00	3.08	0.77
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	9.30	5.44	7.95	7.59	30.28	7.57
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	4.85	6.57	15.53	7.83	34.78	8.70
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	6.43	11.13	1.80	5.82	25.18	6.30
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	8.95	8.65	9.05	5.49	32.14	8.04
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	9.92	8.87	4.76	6.24	29.79	7.45
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	13.35	10.42	7.82	11.66	43.25	10.81
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	14.99	9.71	7.00	7.48	39.18	9.80
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	16.24	12.00	7.82	9.59	45.65	11.41
<b>Total</b>		<b>84.03</b>	<b>73.86</b>	<b>68.65</b>	<b>63.27</b>	<b>289.81</b>	<b>72.45</b>

**Cuadro 38.** Datos originales del rendimiento categoría II por área neta de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1.66	0.33	3.42	0.00	5.43	1.36
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1.89	0.00	2.57	0.00	4.47	1.12
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	2.83	1.59	2.39	1.95	8.78	2.19
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	2.84	1.23	2.86	2.60	9.55	2.39
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0.92	4.41	1.54	2.99	9.88	2.47
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	3.19	3.64	2.25	2.62	11.72	2.93
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	2.17	1.38	3.94	2.64	10.15	2.54
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	3.12	3.77	3.80	3.73	14.43	3.61
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0.33	2.66	1.98	4.32	9.25	2.31
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	2.15	2.41	2.40	3.35	10.33	2.58
<b>Total</b>		<b>21.14</b>	<b>21.46</b>	<b>27.15</b>	<b>24.24</b>	<b>93.98</b>	<b>23.50</b>

**Cuadro 39.** Datos originales del rendimiento categoría II por hectárea de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	2.78	0.56	5.72	0.00	9.06	2.27
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	3.16	0.00	4.28	0.00	7.44	1.86
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	4.73	2.66	3.99	3.25	14.63	3.66
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	4.75	2.06	4.77	4.34	15.92	3.98
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	1.53	7.36	2.58	4.0	15.47	3.87
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	5.33	6.07	3.76	4.38	19.54	4.89
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	3.63	2.31	6.58	4.41	16.93	4.23
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	5.21	6.29	6.33	6.23	24.06	6.02
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0.55	4.43	3.23	7.2	15.41	3.85
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	3.59	4.02	4.01	5.6	17.22	4.31
<b>Total</b>		<b>35.26</b>	<b>35.76</b>	<b>45.25</b>	<b>39.41</b>	<b>155.68</b>	<b>38.92</b>

**Cuadro 40.** Datos originales del rendimiento comercial por área neta de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1.66	0.97	8.15	1.93	12.72	3.18
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1.89	0.00	5.26	0.60	7.76	1.94
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	9.85	6.96	8.96	9.94	35.74	8.93
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	8.03	6.81	15.97	8.88	39.70	9.93
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	8.17	13.02	5.03	11.46	37.69	9.42
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	11.89	12.01	9.72	9.51	43.15	10.79
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	10.83	9.98	11.19	11.24	43.26	10.82
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	24.11	14.70	11.30	16.40	66.53	16.63
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	11.45	12.48	10.33	11.93	46.21	11.55
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	16.30	11.24	10.72	15.12	53.40	13.35
<b>Total</b>		<b>104.21</b>	<b>88.21</b>	<b>96.68</b>	<b>97.06</b>	<b>386.16</b>	<b>96.54</b>

**Cuadro 41.** Datos originales del rendimiento comercial por hectárea de raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	2.78	1.63	13.59	3.22	21.22	5.31
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	3.16	0.00	8.76	1.00	12.92	3.23
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	16.43	11.61	14.94	16.58	59.56	14.89
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	13.4	11.36	26.63	14.8	66.19	16.55
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	13.61	21.7	8.4	18.11	61.82	15.46
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	19.82	20.03	16.21	15.86	71.92	17.98
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	18.07	16.64	18.66	18.74	72.11	18.03
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	22.13	24.52	18.84	27.36	92.85	23.21
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	19.08	20.8	17.23	19.89	77.00	19.25
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	27.18	18.75	17.87	25.22	89.02	22.26
<b>Total</b>		<b>155.66</b>	<b>147.04</b>	<b>161.13</b>	<b>160.78</b>	<b>624.61</b>	<b>156.15</b>

**Cuadro 42.** Datos originales del rendimiento no comercial por área neta de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	2.83	6.20	5.77	3.05	17.87	4.47
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	2.98	9.02	7.55	7.61	27.18	6.79
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	2.18	3.75	5.22	2.95	14.11	3.53
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	3.28	2.22	2.09	2.41	10.04	2.51
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	2.77	4.73	2.26	3.09	12.88	3.22
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	4.76	5.99	2.07	4.09	16.93	4.23
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	2.58	4.54	6.28	2.78	16.20	4.05
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	7.03	6.47	6.37	4.42	24.30	6.08
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	7.27	5.93	4.53	7.95	25.70	6.43
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	3.55	7.18	5.94	5.44	22.14	5.53
<b>Total</b>		<b>39.30</b>	<b>56.06</b>	<b>48.14</b>	<b>43.85</b>	<b>187.34</b>	<b>46.83</b>

**Cuadro 43.** Datos originales del rendimiento no comercial por hectárea de raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	4.72	10.34	9.63	5.09	29.78	7.45
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	4.98	15.03	12.59	12.7	45.30	11.33
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	3.64	6.25	8.70	4.92	23.51	5.88
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	5.50	3.71	3.49	4.03	16.73	4.18
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	4.63	7.89	3.78	5.16	21.46	5.37
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	7.94	9.99	3.46	6.83	28.22	7.06
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	4.31	7.57	10.48	4.64	27.00	6.75
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	4.65	10.79	10.62	7.38	33.44	8.36
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	12.13	9.89	7.57	13.26	42.85	10.71
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	5.93	11.98	9.92	9.08	36.91	9.23
<b>Total</b>		<b>58.43</b>	<b>93.44</b>	<b>80.24</b>	<b>73.09</b>	<b>305.20</b>	<b>76.30</b>

**Cuadro 44.** Datos originales del rendimiento total por área neta de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	4.49	7.17	13.93	4.98	30.59	7.65
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	4.88	9.02	12.81	8.21	34.94	8.73
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1.04	10.71	14.18	12.90	49.85	12.46
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	11.32	9.03	18.07	11.30	49.74	12.43
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	10.94	17.75	7.30	14.56	50.57	12.64
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	16.65	18.00	11.80	13.61	60.08	15.02
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	13.42	14.52	17.48	14.03	59.46	14.87
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	31.14	21.17	17.67	20.83	90.83	22.71
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	18.72	18.41	14.87	19.89	71.91	17.98
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	19.86	18.43	16.67	20.57	75.54	18.89
<b>Total</b>		<b>143.51</b>	<b>144.27</b>	<b>144.82</b>	<b>140.90</b>	<b>573.49</b>	<b>143.37</b>

**Cuadro 45.** Datos originales del rendimiento total por hectárea de las raíces reservantes.

Trat.	Comb.	Bloques				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	7.50	11.97	23.22	8.31	51.00	12.75
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	8.14	15.03	21.35	13.7	58.22	14.56
T <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	20.07	17.86	23.64	21.5	83.07	20.77
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	18.9	15.07	30.12	18.83	82.92	20.73
T <sub>5</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	18.24	29.59	12.18	23.27	83.28	20.82
T <sub>6</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	27.76	30.02	19.67	22.69	100.14	25.04
T <sub>7</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	22.38	24.21	29.14	23.38	99.11	24.78
T <sub>8</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	26.78	35.31	29.46	34.74	126.29	31.57
T <sub>9</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	31.21	30.69	24.8	33.15	119.85	29.96
T <sub>10</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	33.11	30.73	27.79	34.3	125.93	31.48
<b>Total</b>		<b>214.09</b>	<b>240.48</b>	<b>241.37</b>	<b>233.87</b>	<b>929.81</b>	<b>232.45</b>

**Cuadro 46.** Cuadrado medio del rendimiento comercial de las raíces reservantes.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios			
		Rdto. Comercial (t. ha <sup>-1</sup> )	Rdto. ctg extra (t. ha <sup>-1</sup> )	Rdto. ctg I (t. ha <sup>-1</sup> )	Rdto. ctg II (t. ha <sup>-1</sup> )
Bloques	3	4.3156 NS	10.277 S	7.8266 NS	2,123 NS
Tratamientos	9	172.241 AS	17.360 AS	50.639 AS	5,6092 S
A (Fórmulas de fertilización N-P-K)	4	362.871 AS	38.238 AS	104.46 AS	10,278 S
B (Variedades de yuca)	1	42.4154 NS	0.0068 NS	19.586 NS	4,0195 NS
Interacción (A*B)	4	14.067 NS	0.8214 NS	4.5811 NS	1,3378 NS
Error. Experimental	27	18.940	3.015	8.666	3,478
<b>Total</b>	<b>39</b>				
C.V : (%)		27.87	38.78	40.63	47,92

NS : No existe significancia estadística. S : Existe diferencia estadística significativa.

AS : Existe diferencia estadística altamente significativa.

**Cuadro 47.** Cuadrado medio del rendimiento total de las raíces reservantes.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios		
		Rendimiento total (t. ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento comercial (t. ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento no Comercial (t. ha <sup>-1</sup> )
Bloques	3	15.3915 NS	4.3156 NS	21,298 S
Tratamientos	9	173.912 AS	172.2414 AS	21,095 AS
A (Fórmula de fertilización N-P-K)	4	356.547 AS	362.871 AS	34,675 AS
B (Variedades de yuca)	1	79.862 NS	42.4154 NS	6,4 NS
Interacción (A*B)	4	14.7887 NS	14.0676 NS	11,1904 NS
Error. Experimental	27	26.57	18.9404	5,8064
<b>Total</b>	<b>39</b>			
C.V : (%)		22.16	27.87	31,58

NS : No existe significación estadística.

S : Existe significación estadística.

AS : Existe significación estadística altamente significativa.

**Cuadro 48.** Costo de producción de los tratamientos en estudio del cultivo de yuca.

Trat.	Preparación del terreno	Siembra	Labores culturales					Cosecha	Gastos especiales		Imprevistos (10 %)	Costo total (S/.)
			Encalado	Fertilización	Deshije	Desmalezado	Control sanitario		Insumos	Servicios		
T <sub>1</sub>	900	300	120	0	180	300	120	360	939	1095.5	431.45	4314.5
T <sub>2</sub>	900	300	120	0	180	300	120	360	939	1095.5	431.45	4314.5
T <sub>3</sub>	900	300	120	240	180	300	120	450	1 432.2	1205.5	524.77	5247.7
T <sub>4</sub>	900	300	120	240	180	300	120	450	1 432.2	1205.5	524.77	5247.7
T <sub>5</sub>	900	300	120	300	180	300	120	480	1 923.6	1231.5	585.51	5855.1
T <sub>6</sub>	900	300	120	300	180	300	120	480	1 923.6	1231.5	585.51	5855.1
T <sub>7</sub>	900	300	120	330	180	300	120	510	2 406	1241.5	640.75	6407.5
T <sub>8</sub>	900	300	120	330	180	300	120	510	2 406	1241.5	640.75	6407.5
T <sub>9</sub>	900	300	120	420	180	300	120	540	2 856	1247.5	698.35	6983.5
T <sub>10</sub>	900	300	120	420	180	300	120	540	2 856	1247.5	698.35	6983.5

**Cuadro 49.** Conversión de las fórmulas de fertilización por hectárea en base a nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio, cloruro de potasio.

<b>Fórmula de fertilización</b>	<b>N</b>	<b>Nitrato de amonio (33%N)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>Superfosfato triple de calcio (46%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Cloruro de potasio (60%K<sub>2</sub>O)</b>
0-0-0	0	0	0	0	0	0
50-30-60	50	151.52	30	65.22	60	100.00
100-60-120	100	303.03	60	130.43	120	200.00
150-90-180	150	454.55	90	195.65	180	300.00
200-120-240	200	606.06	120	260.87	240	400.00

**Cuadro 50.** Conversión de la dosis de producto comercial a golpe.

<b>Fórmula de fertilización kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup></b>	<b>Nitrato de amonio (g/planta)</b>	<b>Superfosfato triple de calcio (g/planta)</b>	<b>Cloruro de potasio (g/planta)</b>
0-0-0	0.00	0.00	0.00
50-30-60	15.15	6.52	10.00
100-60-120	30.30	13.04	20.00
150-90-180	45.45	19.57	30.00
200-120-240	60.61	26.09	40.00

**Cuadro 51.** Dosis por golpe de nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio.

Form. N- P-K (Kg/ha)	Momento	Dosis (g)/golpe		
		Nitrato de amonio (33% N)	SFTca (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	KCL (60% K <sub>2</sub> O)
0-0-0	-	-	-	-
50-30-60	A la plantación	-	6.5	-
	Al mes	7.58	-	5
	A los dos meses	7.58	-	5
	<b>Total</b>	<b>15.15</b>	<b>6.5</b>	<b>10</b>
100-60- 120	A la plantación		13.04	
	Al mes	15.15	-	10
	A los dos meses	15.15	-	10
	<b>Total</b>	<b>30.30</b>	<b>13.04</b>	<b>20</b>
150-90- 180	A la plantación		19.56	
	Al mes	22.73	-	15
	A los dos meses	22.73	-	15
	<b>Total</b>	<b>45.45</b>	<b>19.56</b>	<b>30</b>
200-120- 240	A la plantación		26.08	
	Al mes	30.31	-	20
	A los dos meses	30.31	-	20
	<b>Total</b>	<b>60.61</b>	<b>26.08</b>	<b>40</b>
<b>Total de fertilizante (kg)</b>			<b>50.67</b>	



**Figura 17.** Planta de yuca variedad Chaucha con dos meses de crecimiento.



**Figura 18.** Planta de yuca variedad Señorita con dos meses de crecimiento.



**Figura 19.** Fertilización fosforada al momento de la siembra.



**Figura 20.** Fertilización nitrogenada y potásica al primer mes después de la siembra.



**Figura 21.** Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 1 y 2.



**Figura 22.** Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 3 y 4.



**Figura 23.** Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 5 y 6.



**Figura 24.** Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 7 y 8.



**Figura 25.** Raíces de seis plantas por área neta del tratamiento 9 y 10.



**Figura 26.** Clasificación de las raíces en tres categorías extra, categoría I y II.