

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN EL CULTIVO DE YUCA
(*Manihot esculenta*, Cratnz); CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.**

PROYECTO DE GRADO

GRISELDA ADELI XILOJ GARCIA

CARNET 15796-10

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN EL CULTIVO DE YUCA
(Manihot esculenta, Cratnz); CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
GRISELDA ADELI XILOJ GARCIA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTHA ROMELIA PÉREZ CONTRERAS DE CHEN
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: MGTR. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
ING. LEONEL ABRAHAM ESTEBAN MONTERROSO



AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN

SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

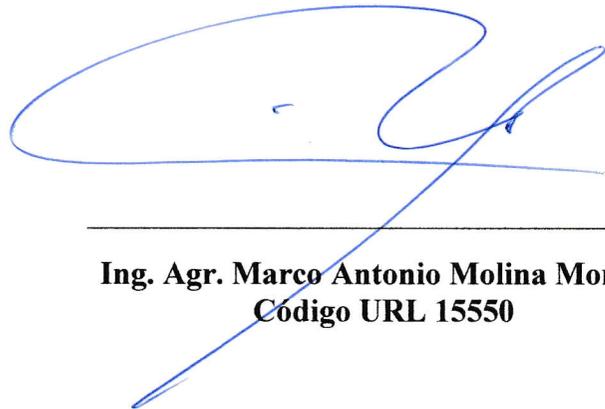
Quetzaltenango, 05 de agosto de 2020.

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Presente.

Distinguidos miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el informe final del Trabajo de Proyecto de Grado de la estudiante Griselda Adeli Xiloj García, que se identifica con carné 1579610, titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN EL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*, Cratz); CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado.

Atentamente



Ing. Agr. Marco Antonio Molina Monzón
Código URL 15550



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado de la estudiante GRISELDA ADELI XILOJ GARCIA, Carnet 15796-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0668-2021 de fecha 22 de abril de 2021, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN EL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*, Cratz); CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de abril del año 2021.



MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco teórico.....	2
1.1.1 Cultivo de yuca (Manihot esculenta, Crantz).....	2
1.1.2. Fertilización.....	12
1.2. Antecedentes.....	14
1.3. Justificación del proyecto	23
1.4. Objetivos del proyecto.....	24
1.4.1. General	24
1.4.2. Específicos	24
2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	25
2.1. Descripción del proyecto.....	25
2.1.1. Contexto del proyecto	25
2.1.2 Tipo de proyecto	26
2.1.3 Tamaño del proyecto.....	26
2.1.4 Descripción de la localización del proyecto.....	28
2.1.5. Procedimientos (metodología).	29
2.2. Indicadores y medios de verificación	33
2.2.1. Indicadores de rendimiento.	33
2.2.2. Indicadores de crecimiento vegetativo.....	34
2.2.3. Indicadores económicos.	34
2.3. Metodología de evaluación del proyecto.....	35

2.3.1. Indicadores de resultados	36
2.3.2 Indicadores de gestión.....	36
2.4. Presupuesto del proyecto	36
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
3.1. Evaluación del proyecto	37
3.1.1. Aspectos económicos.	37
3.1.2. Aspectos económicos.	59
3.2. Medios de verificación del proyecto	64
3.3. Análisis de Impactos del proyecto.....	64
3.3.1. Económico.....	64
3.3.2. Social.....	65
3.3.3. Ambiental.	66
4. CONCLUSIONES	68
5. RECOMENDACIONES	70
6. BIBLIOGRAFÍA.....	71
7. ANEXOS.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Componentes alimenticios de la yuca.</i>	9
Tabla 2	<i>Comparación de dos muestras para la rendimiento en kilogramos por hectarea, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	37
Tabla 3.	<i>Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable numero de raices por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	39
Tabla 4.	<i>Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable numero de raices por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.....</i>	40
Tabla 5.	<i>Calculo de significancia para la variable numero de raices por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	40
Tabla 6.	<i>Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable peso de raices por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	42
Tabla 7.	<i>Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable peso de raices por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.....</i>	43

Tabla 8.	<i>Calculo de significancia para la variable peso de raices por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	43
Tabla 9.	<i>Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable altura de planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	46
Tabla 10.	<i>Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable altura de planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	47
Tabla 11.	<i>Calculo de sinificancia para la variable altura de planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	47
Tabla 12.	<i>Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable diametro de tallos, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	49
Tabla 13.	<i>Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable diametros de tallos, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	50

Tabla 14.	<i>Calculo de significancia para la variable diametros de tallos, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>50</i>
Tabla 15.	<i>Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable diametro de raiz, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>53</i>
Tabla 16.	<i>Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable diametro de raiz, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>54</i>
Tabla 17.	<i>Calculo de significancia para la variable diametro de raiz, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>54</i>
Tabla 18.	<i>Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable largo de raiz, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>56</i>
Tabla 19.	<i>Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable largo de raiz, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>57</i>

Tabla 20.	<i>Calculo de significancia para la variable largo de raiz, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>57</i>
Tabla 21.	<i>Comparación de la ganancia por encima de costos variables de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>59</i>
Tabla 22.	<i>Comparación de los costos totales por unidad de produccion de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>60</i>
Tabla 23.	<i>Comparación de la rentabilidad neta por medicion de produccion de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>61</i>
Tabla 24.	<i>Comparación del precio de equilibrio por unidad de produccion de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.</i>	<i>63</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	Parcela bruta y neta, proyecto plan de fertilización en el cultivo de yuca, Cuyotenango, Suchitepéquez.....	27
<i>Figura 2.</i>	Croquis de campo, proyecto plan de fertilización en el cultivo de yuca, Cuyotenango, Suchitepéquez.....	28

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN EL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta*, Cratnz); CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de un plan de fertilización en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*, Cratnz), sobre los indicadores de rendimiento y crecimiento vegetativo. La dosis evaluadas del plan de fertilización fueron 176.8 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅, 171.84 kg/ha de K₂O, 22.96 kg/ha de CaO y 8.4 kg/ha de S, comparado con la fertilización tradicional que usa el agricultor basada en la aplicación de 20-20-0 con una dosis de 50 kg/ha de P₂O₅ y 50 kg/ha de N. La investigación se realizó en el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez. Los indicadores de rendimiento comparados fueron: el rendimiento en kg/ha, el número de raíces por planta y peso de raíces por planta. Los indicadores de crecimiento vegetativo fueron: altura por planta, diámetro de tallos, diámetro de raíz y largo de raíz. Los resultados demuestran que el plan de fertilización tiene efectos positivos en los indicadores de rendimiento siendo este de 41.28 ton/ha y de 17.44 ton/ha para la fertilización tradicional así mismo los indicadores de crecimiento vegetativo también presentaron efectos positivos. La aplicación de un plan de fertilización es una alternativa económicamente viable obteniendo una ganancia por encima de los costos variables por hectárea de Q 47,764.98 con el plan de fertilización muy por encima de la ganancia con la fertilización tradicional que es de Q 13,995.84, así mismo un incremento en la ganancia por tonelada de 1,084.55 con el plan de fertilización muy superior a 630.42 para la fertilización tradicional.

1. INTRODUCCIÓN

La yuca es un cultivo de importancia en la alimentación mundial, especialmente para América del Sur y de los países africanos. En Guatemala no tiene la importancia que tienen otras especies como el maíz y el frijol, sin embargo, se encuentra distribuida en amplias regiones cálidas húmedo y cálidas seco, llegando hasta zonas con clima templado (Azurdía, 2014).

No obstante, para los productores de Guatemala, el mercado de yuca en Centroamérica resulta poco interesante, ya que es un producto que los agricultores de los países de la región manejan, y no se exploran ventajas competitivas para su producción (MAGA, 2014). Sin embargo, es una ventaja que la yuca siendo un cultivo silvestre pueda producirse en suelos pobres y en tierras donde se producen otros cultivos, además por su alto contenido de carbohidratos puede contribuir a contrarrestar la problemática de la desnutrición que existe en nuestro país.

El municipio de Cuyotenango, por sus condiciones edafoclimáticas, tiene el potencial de producir y comercializar el cultivo de yuca, además puede ser una alternativa para la seguridad alimentaria y ocupación de mano de obra familiar del municipio.

Una de las principales dificultades para producir yuca, es el bajo rendimiento, derivado del mal manejo y desconocimiento de un plan de fertilización por parte de los agricultores, lo que genera un mal crecimiento del cultivo. Mediante un estudio de los suelos del municipio, se pudo establecer que el mayor problema es la falta de un plan de fertilización que permita adicionar los nutrientes necesarios para un desarrollo y producción adecuada del cultivo. Se plantea este trabajo con la finalidad de presentar un plan de fertilización de yuca dirigido a los agricultores del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez, determinando la factibilidad técnica y económica, utilizando como metodología parcelas apareadas independientes. Con la aplicación de un plan de

fertilización los resultados, tiene efectos positivos en los indicadores de rendimiento y de crecimiento vegetativo. Al someter el proyecto a los diferentes análisis estadísticos se pudo demostrar que el plan de fertilización aumenta los indicadores económicos, principalmente en aspectos de rendimiento y rentabilidad, esto con niveles de alta significancia en algunos casos.

1.1. Marco teórico

1.1.1 Cultivo de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz).

La yuca o mandioca, constituye una fuente importante de energía. Es una especie cultivada desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm. Sus raíces son el principal producto económico pero las hojas también tienen un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y Asia, ya sea para alimentación humana o animal. Además del valor económico, el cultivo ofrece ventajas como pasividad a sequía, capacidad de producir en suelos degradados, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a suelos ácidos y resistencia en el momento de plantar y cosechar (Alzate, 2009).

Origen. La yuca o mandioca es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el noroeste de Brasil, con predominio de los tipos de yuca dulce en el norte y en la zona de Brasil los amargos. Las especies silvestres del género *Manihot* tienen dos centros de origen: uno en México y América Central y el otro en el noroeste de Brasil, la planta de yuca es un arbusto tropical de raíz tuberculosa, conocida científicamente como *Manihot, esculenta* de la Familia Euphorbiaceae. La planta de yuca se cultiva por sus tubérculos comestibles y por su gran fuente de almidón (Ceballos, 2002).

La yuca es una planta perenne que crece bajo cultivo hasta una altura de dos a cuatro m, los tubérculos irradian desde el tallo por debajo de la superficie del terreno. El número de tubérculos por planta y sus dimensiones difieren muchos según la variedad, pudiendo llegar a alcanzar de 30 a 120 cm de longitud, de cuatro a 15 cm de diámetro, y un peso de uno a ocho kg/planta; actualmente la yuca es un cultivo muy importante en regiones tropicales del mundo (latitudes menores a los 30°) que van desde el nivel del mar hasta los 1800 metros sobre nivel del mar. Su principal producto económico son sus raíces, pero también las hojas de la yuca tienen un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y en Asia, ya sea para alimentación humana o animal. Los productos de la yuca también pueden ser utilizados por la industria, principalmente a partir de su almidón. La yuca es el cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, y es un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de habitantes (Ceballos, 2002).

Clasificación taxonómica. La yuca, pertenece a la familia Euphorbiaceae, constituida por unas 7,200 especies que se caracterizan por la secreción lechosa de las plantas de esta familia. Únicamente *Manihot esculenta* tiene importancia económica y es cultivable (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Clasificación taxonómica del cultivo de yuca

División: Fanerógama

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Euforbíales

Familia: Euforbíaceas

Género: Manihot

Especie: esculenta

Nombre científico: *Manihot esculenta*, Crantz

Características de la yuca.

Tallo. Es el medio para la multiplicación asexual de la especie al servir como “semilla” para la producción comercial de la yuca. El tallo se ramifica a alturas diferentes según la variedad y condición ecológica. Generalmente, presenta tres ramificaciones secundarias y a veces terciarias. Dependiendo de la variedad, el tallo puede ser: erecto, decumbente u oblicuo. (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de dos a seis centímetros. Tanto el grosor del tallo como el color, varían de acuerdo a la edad de la planta y a la variedad. Se presentan tres colores básicos del tallo maduro: plateado a gris, morado y amarillo (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Los tallos están formados por la alternación de nudos y entrenudos. En las partes más viejas del tallo se observan algunas protuberancias que marcan en los nudos la posición que ocuparon inicialmente las hojas. El nudo es el punto en que una hoja se une al tallo y el entrenudo es la porción del tallo comprendido entre dos hojas sucesivas. En el nudo se inserta el pecíolo de la hoja, una yema axilar protegida por una escama y dos estípulas laterales (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Hojas. Las hojas de la planta de yuca, al igual que las de cualquier otra planta, son los órganos en los cuales, mediante el proceso fotosintético, se transforma la energía radiante del sol

en energía química. El número total de hojas producidas, su tasa de producción y longevidad son características varietales que varían según las condiciones ambientales (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo. La lámina foliar es palmeada y lobulada. Según el cultivar, las hojas maduras son de diferentes colores; morado, verde oscuro y verde claro, son los colores básicos. El número de lóbulos, por lo general es impar, entre tres y nueve, varía según la variedad; puede variar también en hojas de una misma planta. Los lóbulos miden entre cuatro y 20 cm de longitud y entre uno y seis cm de ancho. Los lóbulos centrales son de mayor tamaño que los laterales (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

El color de las nervaduras, es de verde a morado, es otra característica varietal y puede ser igual o diferente en los dos lados de la hoja. Los pecíolos de las hojas varían entre nueve a 20 cm de longitud, son delgados y de diferente pigmentación, entre verde (pigmentación ausente), y morada (pigmentación intensa). No siempre el color del pecíolo es igual al de las nervaduras (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

La inflorescencia. La yuca es una planta monoica, ya que tiene flores masculinas y femeninas en una misma planta, no todas las variedades de yuca florecen y entre las que lo hacen hay marcadas diferencias en cuanto al tiempo de floración y la cantidad de flores que producen (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Normalmente, la polinización en la yuca es cruzada; de ahí que sea una planta altamente heterocigota, esta polinización se realiza básicamente por la acción de los insectos. En una misma inflorescencia, las flores femeninas abren primero que las masculinas, una a dos semanas antes; ésta se conoce con el nombre de protoginia. También sucede que flores masculinas y femeninas

de la misma planta de distinta ramificación abren al mismo tiempo (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

El fruto. Después de la polinización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual toma entre tres y cinco meses para completar su maduración (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

El fruto es una cápsula ovoidea de uno a 1.5 cm de largo con seis aristas longitudinales prominentes; éste contiene tres celdas normalmente con una semilla en cada una, esta semilla es de forma aplanada y de perfil elíptico por el frente. Al hacer un corte transversal se observan una serie de tejidos bien diferenciados: epicarpio, mesocarpio y endocarpio (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

La semilla. La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta y por consiguiente es de incalculable valor en el mejoramiento genético del cultivo. La semilla es de forma ovoide-elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo, seis mm de ancho y cuatro mm de espesor. La testa es lisa, de color café con moteado gris. En la parte superior se encuentra, especialmente en semillas nuevas, la carúncula, estructura que se pierde una vez que la semilla ha caído al suelo (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

La raíz. La distribución y número de las raíces tuberosas alrededor de las estacas son variables y tienen por lo general una dirección de crecimiento oblicua. El tamaño de las raíces es muy variable y va desde los 20 a 50 cm de largo por cinco a 10 cm de diámetro. La forma general de las raíces son características clónales y se clasifican en diferentes formas (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

La planta de yuca presenta cuatro fases en su desarrollo: a) Brotación, b) Formación del sistema radicular, c) Desarrollo de tallos y hojas, d) Engrosamiento de raíces reservantes y acumulación de almidón en sus tejidos. (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

La secuencia que se presenta corresponde a un ciclo de dos años y puede ser aplicada para fines de cultivo para industria. Pero toda la primera parte de la secuencia es común para la planta independiente de los fines para los que se vaya a utilizar la cosecha. (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Requerimientos agroecológicos.

Clima. Los rendimientos máximos se obtienen en un rango de temperatura entre 25-32° C, siempre que haya humedad disponible suficiente en el periodo de crecimiento. Aunque puede tolerar el rango 16-38° C. Por debajo de los 16° C el crecimiento se detiene. Por este motivo en los climas tropicales-húmedos se alcanzan altas productividades, mientras que en otras regiones subtropicales, al descender de los 16° C se paraliza el crecimiento. Conforme la temperatura disminuye el desarrollo del área foliar se hace más lento, y el tamaño de las hojas más pequeño (Ceballos, 2002).

Suelo. La planta de yuca se adapta a una gran variabilidad de suelos, desde aquellos suelos pobres en elementos nutritivos hasta los más fértiles. Es recomendable que el cultivo no esté expuesto a inundaciones, que el suelo sea bien permeable para infiltrar el agua de las fuertes lluvias (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

Cuando hay mucha humedad en el suelo, hay que hacer uso de camellones altos para evitar que las raíces entren en contacto con la excesiva humedad. Cuando se cultivan variedades mejoradas en suelos fértiles, profundos, ricos en materia orgánica y elementos minerales, se

obtienen rendimientos más elevados en raíces y almidón. Los suelos para plantar yuca deben tener entre 30 y 40 cm de profundidad, libres de capas impermeables, material rocoso o encharcamiento (Nicaragua, Pavón, & Chavarría, 2004).

El cultivo de yuca puede desarrollarse en cualquier tipo de suelo, incluso limoso y arcilloso, con buen drenaje. Sin embargo, el mayor desarrollo y productividad se obtiene en suelo franco, profundo, plano, poroso y fértil; con un pH entre 5.5 y 7.0 (Valdez & Hernández, 2014).

Plagas y enfermedades. Las principales enfermedades y plagas reportadas en Guatemala que atacan el cultivo de la yuca son:

Mancha blanca de la hoja, causada por *Cercospora caribea*, esta enfermedad es frecuente en los periodos húmedo y frescos, atacando las hojas basales de las plantas; mancha del follaje y ramas, causada por *Phyllosticta maniboba*, causando manchas de color marrón mal delimitadas que pueden llegar a terminar con la hoja; ceniza o Mildiu, agentes causales *Oidium* sp. y *Oidium manibotis* se sintomatiza esta enfermedad produciendo manchas cubiertas de polvo blanquecino, amarillento en ataque severo; thrips de la yuca o piojillo *Frankliniella* sp., su ataque produce clorosis o descoloramiento con manchas irregulares alargadas, deformación en los bordes de las hojas y disminución del área foliar; gusano cornudo *Erinnyis ello*, se alimenta comiendo las hojas de la planta, siendo su ataque el poder llegar a defoliar toda la planta; mosca de los brotes *Lonchaea pendula*, una vez que la mosca pone sus huevos en los brotes, mueren las hojas jóvenes, deteniendo el crecimiento; ácaros *Tetranychus* sp., causan serios daños a las plantas, primero decolorando y reformando las hojas, que luego se secan y se caen. Su ataque severo causa acortamiento de los entrenudos, defoliación y muerte de toda la planta (Gómez, 2014).

Importancia económica. La yuca es un producto que se consume en fresco o transformado, puede ser transformado en harina, almidón, también se puede transformar en bebidas como malteada de yuca. Donde para darle un valor agregado se tiene formulado con la yuca de tercera clase, que es aquella que no cumple con los estándares de comercialización en fresco como los exigen los compradores. Colombia se encuentra entre los primeros productores de yuca a nivel mundial (Mosquera, 2016).

Composición nutricional. El aporte a la dieta en vitaminas y en elementos minerales es importante, ya que contienen cantidades moderadas de vitaminas del grupo B (Cedeño & Maldonado, 2003).

Tabla 1.
Componentes alimenticios de la yuca.

Componentes	Porcentaje
Proteínas	4,05 %
Grasas	0,34 %
Hidratos de carbono	55,34 %
Fibra	1,34 %
Ceniza	2,06 %
Humedad	36,87 %

(Cedeño & Maldonado, 2003)

Por ser una fuente barata de calorías, tiene gran aceptación entre los consumidores rurales y urbanos de bajos ingresos. Es la cuarta fuente de calorías en las zonas tropicales después del arroz, el azúcar y el maíz, pues contiene hasta el 35% de su volumen en carbohidratos y hasta

1,5% en proteínas. Por estas razones, se ha considerado como un producto prioritario en la seguridad alimentaria mundial (Cedeño & Maldonado, 2003).

La yuca, tubérculo importante en la alimentación y en la supervivencia de amplias zonas de la población pobre y tropicales del mundo, también se cultiva y se consume en todo nuestro país (Cedeño & Maldonado, 2003).

Es indudable el potencial de la yuca como materia prima en la producción de alimentos balanceados para animales y como insumo en las industrias alimenticia y no alimenticia, en las cuales sus presentaciones requieren transformaciones importantes que generan valor agregado (Cedeño & Maldonado, 2003).

Usos de la yuca. La yuca o mandioca tiene diferentes usos entre los que se pueden mencionar: para la alimentación humana, para la alimentación animal y por su contenido alto de almidón en la raíz, para la industria (Gómez, 2014).

Alimentación humana. Las raíces de mandioca o yuca establecen una fuente de la alimentación humana y son usadas en muy variadas formas, cocidas en agua, horneadas, fritas o como pastas o harinas (Gómez, 2014).

Las raíces de mandioca o yuca contienen alrededor de 65 % de agua y 35 % de materia seca; el 85% aproximadamente de la materia seca está constituido por almidón de excelente calidad, para su uso en la alimentación humana, las raíces deben ser peladas, y la pulpa (parénquima) sometida a algún proceso térmico antes de ser consumida (Gómez, 2014).

Alimentación animal. En general tanto las raíces como la parte aérea de la mandioca pueden ser utilizadas, ya sea en forma fresca, deshidratadas y/o ensiladas (Gómez, 2014).

Además de estos productos primarios de la mandioca, existen otros derivados que son utilizados como alimento para animales, principalmente los subproductos de la industria. Estos subproductos provenientes de las raíces de mandioca son esencialmente energéticos, debido a su alto contenido en almidón. El follaje por el contrario es rico en proteínas. Las raíces de mandioca son una importante fuente de energía en la preparación de raciones alimenticias para diferentes especies de animales. Normalmente, las raíces recién cosechadas son productos perecederos, con alto nivel de humedad, 62 a 68%, cifras que se mantienen más o menos constantes (Gómez, 2014).

Industria. La industrialización de la mandioca, en la zona productora de la Argentina, permite obtener dos productos diferentes: harina o fariña: mandioca dulce o amarga, lavada, pelada, rallada y sometida a una ligera torrefacción; almidón o fécula: es el producto obtenido por extracción de gránulos de reserva alojados en corpúsculos especiales dentro de las células de la raíz (Gómez, 2014).

La función nutricional de los almidones es muy importante porque constituye una de las principales fuentes de calorías de la alimentación humana. Asimismo tienen un papel importante en la tecnología alimenticia debido a sus propiedades físico-químicas y funcionales (Gómez, 2014).

Requerimientos nutricionales de la yuca. La yuca tiene una tasa de absorción y acumulación de nutrientes lenta en los dos primeros meses y se incrementa a partir del segundo mes hasta los cuatro a cinco meses, luego la absorción decrece o se mantiene constante hasta el final del ciclo del cultivo. La yuca extrae en promedio 4.42 kg/ha de N; 1.09 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 puros por tonelada de raíces frescas, esto es equivalente en grado fertilizante a los siguientes requerimientos 4.42 kg/ha de N; 2.5 kg/ha de P₂O₅; 4.3 kg/ha de K₂O; 2.26 kg/ha de MgO; 1.15 kg/ha de CaO y 0.42 kg/ha de S (Aguilar, 2017).

1.1.2. Fertilización.

Cuando se piensa en fertilización es necesario acudir a un diagnóstico del suelo, para ubicar las posibles deficiencias, corregirlas a tiempo y, después, establecer un cultivo. Si éste es de yuca, es importante conocer los posibles limitantes que presenta el suelo en donde se va a establecer, cómo es la disponibilidad de nutrientes en el mismo y cuáles son los requerimientos nutricionales del cultivo. El diagnóstico de un problema nutricional en el suelo no es otra cosa que conocer realmente la disponibilidad de nutrientes en un determinado suelo y cómo repercute este limitante en un cultivo ya establecido (Ceballos, 2002).

Importancia de la fertilización. Los productores agrícolas, y en algunos casos los pecuarios, deben aplicar fertilizantes como un insumo para asegurar una producción aceptable, lo que implica que éste se constituya en un rubro muy importante dentro del costo de producción. A pesar de esto, existe un gran desconocimiento del uso de este insumo por parte de los agricultores como de los técnicos responsables de la fertilidad del cultivo (Pérez J. , 2014).

Es bien sabido que el agricultor tradicional es consciente de la importancia de la práctica de la fertilización, pero la falta de comprensión acerca del insumo en sí, acompañado de una pobre asesoría técnica, lleva a que se suministren fertilizantes inadecuados o que simplemente no se cumplan con las necesidades para una buena producción (Pérez J. , 2014).

Elementos mayores. Los macronutrientes son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, los cuales se encuentran en el tejido de las plantas en concentraciones superiores a 0,1%, con base en la masa seca. Con estos elementos y la luz del sol, las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan. Sin embargo, otros elementos minerales son considerados beneficiosos porque son esenciales para algunas especies de plantas bajo ciertas condiciones (Rodríguez & Flórez, 2004).

Nitrógeno. Una de las funciones más importantes del nitrógeno es la de tener una acción directa sobre el incremento de la masa seca, porque favorece el desarrollo del tallo, el crecimiento del follaje y contribuye en la formación de frutos y granos. Sin embargo, un exceso de este elemento provoca un crecimiento excesivo del follaje, un escaso desarrollo en el sistema radical y un retardo en la formación de flores y frutos (Rodríguez & Flórez, 2004).

Fósforo. El fósforo también forma parte de otros compuestos como el ácido giberélico, importante en la germinación de semillas y en el desarrollo de la raíz. La deficiencia de fósforo afecta el desarrollo debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen (Rodríguez & Flórez, 2004).

Potasio. La mayor parte del potasio absorbido depende de la difusión del elemento y de otros factores, como contenidos muy altos de calcio y magnesio, los cuales disminuyen la absorción del potasio. Este nutriente mineral es el más abundante en el citoplasma, y su importancia fisiológica radica en el papel que juega en el metabolismo de los carbohidratos y las proteínas (Rodríguez & Flórez, 2004).

Azufre. El azufre forma parte de proteínas y vitaminas como la tiamina y la biotina, y es componente de numerosas enzimas. Además, es componente de los sulfolípidos, los cuales son

constituyentes de la membrana y ayudan a regular el transporte de iones (Rodríguez & Flórez, 2004).

Calcio. Es un elemento esencial porque interviene en la estabilidad de la membrana plasmática y en la integridad de la célula, ya que es componente básico de la lámina media de la pared celular, en forma de pectatos de calcio. La deficiencia de este elemento impide el desarrollo de la planta, ya que los tejidos meristemáticos de la parte aérea y de la raíz se afectan por división celular incompleta. Como consecuencia, las hojas y las raíces nuevas se desarrollan con deformaciones (Rodríguez & Flórez, 2004).

Magnesio. El magnesio tiene funciones importantes dentro de la planta: es el átomo central de la molécula de la clorofila, interviene en la síntesis de proteínas, en el metabolismo del fósforo, en la respiración y en la activación de varios sistemas enzimáticos en las plantas. Entre estos sistemas se tiene la fructosa 1,6 difosfatasa, la cual regula la síntesis de almidón (Rodríguez & Flórez, 2004).

1.2. Antecedentes

Rodríguez Y. (2017). Implementación de un modelo productivo de yuca criolla como alternativas agrícolas en el municipio de Teorama Norte de Santander. Teniendo como objetivo principal implementar 6000m² de yuca (*Manihot esculenta*) como alternativas de producción. A través de un diseño de tres bloques completamente al azar cada uno con cinco tratamientos, con una unidad experimental de 10 plantas por tratamiento, en donde se realizaron las aplicaciones del fertilizante a partir del primer mes realizando las otras dos aplicaciones cada mes. Evaluando las variables: altura de la planta (cm), número de raíces y peso de raíces. Encontró que en los

resultados existieron diferencias significativas en cuanto a los diferentes tratamientos evaluados, en donde la variable de altura de la planta entre los tratamientos T2 y T4, no tuvo diferencias significativas a comparación de los otros tres tratamientos evaluados. Debido al fraccionamiento de nitrógeno, para la variable de número de raíces, los tratamientos que obtuvieron aplicaciones de fósforo presentaron diferencias significativas comparadas con los demás tratamientos, pero cuando se evalúa la variable de peso de la raíz, la fertilización para el cultivo de yuca se debe realizar de acuerdo al momento de la siembra, ya que permite que los elementos estén disponibles para la planta cuando estas los requiera. Los resultados fueron sometidos bajo un modelo estadístico Tukey con un nivel de significancia del 0,05% para determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Concluyendo que con la aplicación de los diferentes componentes técnicos que se implementaron en la ejecución del proyecto productivo se logró obtener buenos rendimientos lo que representó una buena rentabilidad.

Pérez (2013), evaluando tres variedades y tres distanciamientos de siembra en el cultivo de yuca, en el parcelamiento de Caballo Blanco, Retalhuleu. Teniendo como objetivo principal evaluar tres variedades y tres distanciamientos de siembra en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Geraniales; Euphorbiaceae). A través un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con nueve tratamientos y tres repeticiones, siendo las variedades; Valencia, Arbolito y Mangi como testigo y los distanciamientos; 0.90m x 0.40m, 1.10m x 0.60 y 1m x 0.50m testigo. Evaluando las variables: rendimiento (peso tm/ ha), longitud del tubérculo (cm) y días a cosecha. Encontró que se obtuvo una media general de 33.42 tm/ha en el rendimiento del cultivo de yuca, la variedad Arbolito con un distanciamiento de 0.9m x 0.4m presentó el mayor rendimiento con un valor de 53.66 tm/ha; se observó que los menores días a

cosecha se obtuvieron con la variedad Arbolito, sembrada a un distanciamiento de 1.1 x 0.6, con un valor de 182 días, las longitudes de yuca oscilaron en un rango de 16 a 36 cm, siendo la variedad Arbolito con un distanciamiento de 0.9m x 0.4m la que mostró las mayores longitudes con una media de 36.0 cm, después de realizada la prueba de medias (Tukey 5%) estadísticamente todas las variedades y distanciamientos son diferentes. Concluyendo que la variedad de yuca Arbolito presentó el mayor rendimiento con una media de 42.46 tm/ha y la distancias de siembra que produjo los mejores rendimientos fue 0.9m x 0.4 m (densidad de siembra de 27,777 plantas/ha, con una media de 41.98 tm/ha.

Burgos & Ceñoz (2012), evaluando el efecto de tres niveles de fertilización de P_2O_5 y dos niveles de K_2O sobre el cultivo de mandioca, en Entisoles del noroeste de la Provincia de Corrientes en Argentina. Teniendo como objetivo principal, evaluar la incidencia de los tratamientos sobre algunos factores concluyentes de la calidad y los elementos del rendimiento de raíces de mandioca. A través de un diseño en bloques al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Evaluando las variables: número de raíces reservantes, peso fresco de raíces reservantes, diámetro de la base de tallos, altura de tallo (cm), peso fresco de los órganos aéreos (POA) que incluye hojas y tallos, diámetro de raíces reservantes, porcentaje de materia seca de las raíces reservantes y porcentaje de almidón de raíces expresado sobre materia seca. Encontró que el T6 y T8 incrementaron de manera significativa el número de raíces por planta, porcentaje de materia seca de raíces y porcentaje de almidón sobre materia seca de raíces. Si bien la mandioca extrae cantidades relativamente pequeñas de P del suelo y crece en muchos suelos deficientes en este elemento. Concluyendo que el nivel de P presente en el suelo se encontraba muy por debajo del nivel crítico y es por ello que se ha encontrado respuesta a su aplicación. En

la instancia de muestreo realizada en esta investigación a nivel experimental, los resultados obtenidos demuestran que bajo las condiciones de evaluación, la aplicación de P favorece uno de los componentes del rendimiento (número de raíces) y ambos componentes de la calidad de raíces de mandioca (almidón y materia seca).

Peña (2010), evaluando el efecto de cuatro dosis de fósforo (P_2O_5) y dos fuentes de materia orgánica sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de yuca 450, en la aldea de Talquezal, Jocotán, Chiquimula. Teniendo como objetivo principal evaluar el crecimiento y rendimiento del cultivo de yuca 450 (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) con cuatro dosis de fósforo (P_2O_5) y dos fuentes de materia orgánica. A través de un diseño experimental de bloques completamente al azar con un arreglo de parcelas divididas, con ocho tratamientos y tres repeticiones. Evaluando las variables: crecimiento (altura de planta en metros, área basal del tallo en centímetros cuadrados), rendimiento (número de raíces por planta, longitud de raíz en centímetros, diámetro central de la raíz en centímetros, peso total por unidad experimental kg/ha). Encontró diferencia significativa en la aplicación de fósforo, con una tendencia a incrementarse el número de raíces por planta conforme se incrementa la dosis de fósforo al suelo, la dosis más eficaz fue 100 kg/ha de fósforo al alcanzar una área basal promedio por planta de 11 cm² y una producción de 10.54 t/ha de yuca; después de realizada la prueba de medias (Tukey 5%) estadísticamente todas las dosis de fósforo y fuentes de materia orgánica son diferentes. Concluyendo que se encontró significancia para el factor dosis de fósforo en la variable área basal del tallo con una tendencia de crecimiento del área en relación al aumento de la dosis de fosforo (P_2O_5) y que la dosis más eficaz fue 100 kg/ha de fósforo al alcanzar una área basal promedio por planta de 11 cm² y una producción de 10.54 t/ha de yuca.

Alcivar (2015), evaluando el efecto de dos sistemas de labranza mínima y fertilización en el crecimiento, estado sanitario y rendimiento de tres variedades de yuca y tres abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento en yuca, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de dos sistemas de labranza y niveles de fertilización en el crecimiento, estado sanitario y rendimiento de tres variedades de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). A través un diseño de bloques completos al azar, el testigo representa el manejo convencional realizado por los agricultores, a un esquema trifactorial (a x b x c + 1), se aplicaron tres repeticiones por tratamiento, dos sistemas de labranza, tres niveles de fertilización y tres variedades de yuca. Evaluando las variables: crecimiento (altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), días a la cosecha, número de raíces por planta; rendimiento (peso de raíces comerciales (kg), rendimiento comercial, diámetro (mm), longitud (cm), peso (kg). Encontró que de acuerdo al análisis químico – físico de suelos, se observa un nivel alto de materia orgánica, una concentración baja para nitrato de amonio NH₄, alta para óxido de fósforo P₂O₅, alta para óxido de potasio K₂O, y una acidez pH ligeramente ácido. El campo experimental presenta una clase textural franco-limoso (40% Arena-56% Limo-4% Arcilla.). Concluyendo que el incremento de los niveles de la fertilización química provocaron mayor altura de planta y número de raíces, así como mayor longitud y diámetro de las mismas, lo que originó un aumento del 65% de la producción comercial de yuca, en comparación con el promedio de rendimiento por hectárea a nivel nacional; no influyó en el diámetro del tallos y las variaciones de la producción no comercial fueron insignificantes.

Quirós & De Diego (2006), evaluando el crecimiento y absorción de nutrientes en yuca (*Manihot esculenta*), el Tanque de la Fortuna, San Carlos, Alajuela. Teniendo como objetivo

principal evaluar los índices de crecimiento (morfológicos y fisiológicos) y obtener las curvas de absorción de los nutrientes de todas las estructuras de la planta de yuca que puedan desarrollarse desde la siembra hasta la cosecha. A través de muestreos durante nueve meses, en los que se tomaron cuatro muestras en cada fecha. Cada muestra estuvo constituida por una planta entera. Estos datos se utilizaron para calcular la acumulación de biomasa y una serie de índices morfológicos (IAF, RAF, RPF, AFE, RPC, RPR, RRH y RRPA) y fisiológicos (IAC, ICR, ICRF y IAN). Evaluando las variables: componentes de rendimiento (peso fresco y peso después de haber sido secadas kg/ha) y componentes crecimiento (altura, número de hojas y área foliar). Encontró que la yuca absorbe cantidades significativas de los siguientes elementos en orden decreciente N, K, Ca, S, P, Mg, en cantidades de 899, 244, 140, 47, 45 y 34 kg/ha, respectivamente. La planta de yuca es un cultivo fotosintéticamente muy eficiente y a su vez altamente demandante de nutrientes por lo que para mantener la productividad es necesaria la aplicación de fertilizantes. Concluyendo que la alta eficiencia de la planta de yuca y la gran capacidad de absorber nutrimentos de la solución del suelo hace que esta planta sea un cultivo altamente desgastante, por lo que la producción obliga a reintegrar los elementos extraídos por el cultivo para evitar una disminución en el rendimiento.

Beriguete (2014), evaluando el manejo de la fertilización inorgánica al suelo y foliar en el cultivo de la yuca en, la zona de San Carlos, Costa Rica. Teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de métodos de fertilización en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), variedad Valencia, para la búsqueda de la mejor alternativa en rendimiento y la rentabilidad. A través de un diseño irrestricto al azar con cuatro repeticiones, cuatro tratamientos: fertilización completa al suelo, fertilización únicamente foliar, combinación de los dos tratamientos anteriores

y fertilización regular de cada finca (tratamiento testigo). Evaluando las variables: análisis foliar, materia seca (follaje, tallos y raíces), rendimiento del cultivo (raíz), análisis económico. Encontró que en finca Pepín mostraron diferencias (p-valor < 0,05) en la materia seca de raíz a la cosecha, en el rendimiento de yuca de primera calidad y en la concentración de algunos elementos en las hojas a favor del tratamiento testigo, este produjo el mejor rendimiento con 16,1 t/ha. En la finca de Sonafluca el testigo presentó el mayor rendimiento con 20,85 t/ha; en esta finca como en Laberinto hubo diferencias (p-valor < 0,05) en la materia seca a los seis meses de edad. Concluyendo que, que el tratamiento sólo foliar (usado comúnmente por pequeños productores) es el más económico, mientras que el testigo (aplicación de fertilizantes al suelo y a las hojas según el productor) fue el tratamiento con mejor rendimiento, altos rendimientos cuando los suelos son de fertilidad alta o se fertilizan adecuadamente de acuerdo a los resultados de análisis de suelos y foliares.

Duarte & Figueroa (2008), evaluando el efecto de diferentes sistemas de preparación del suelo sobre las características físicas, crecimiento y rendimiento del cultivo de la yuca, en Nueva Guinea, Juigalpa, Chontales, Nicaragua. Teniendo como objetivo principal evaluar diferentes sistemas de preparación del suelo sobre las características físicas, crecimiento y rendimiento de las raíces así como su calidad comercial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Algodón. A través de un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en cinco profundidades, siendo los tratamientos: subsoleo más encamado (SE), grada más encamado (GE), cero labranza (CL), y tracción animal (TA). Evaluando las variables: de suelo (densidad aparente, densidad real, porosidad total, y capacidad de campo) y las variables agronómicas (altura diámetro del tallo, peso fresco de la planta, número de raíces, peso de raíz y rendimiento

de raíces). Encontró que TA presentó los valores más altos del número de raíces totales por planta de yuca seguido de CL el cual a su vez presentó el mayor número de raíces exportables seguido de TA, pero sin diferencia significativa entre la longitud de las raíces exportables entre los cuatro tratamientos. CL presentó el mayor diámetro, el mayor peso de las raíces exportables seguido siempre por TA. CL presentó el mayor rendimiento de raíces exportables y no exportables o mayores rendimientos totales (kg/ha) de raíces reservantes seguido por TA. Concluyendo que se encontraron diferencias de promedios en los rendimientos de raíces exportables entre CL y GE 3,399 kg/ha, en los rendimientos de raíces no exportables una diferencia 2,351.5 kg/ha entre CL y SE.

Rojas & Torres (2010), evaluando el efecto de tres abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento en yuca El Plantel, Masaya. Teniendo como objetivo principal contribuir a la generación de información científica referente al uso de abonos orgánicos y su efecto en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). A través de un diseño bloques completos al azar unifactorial, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: (compost – 4.7 t ha⁻¹, biofertilizante – 9.7 t ha⁻¹, Humus de lombriz – 2.37 t ha⁻¹, testigo – sin aplicación). Evaluando las variables: componentes de rendimiento (raíces/planta, diámetro, longitud, peso de raíces/kg), componentes de crecimiento (altura de planta, diámetro del tallo). Encontró que sí hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la variable diámetro de raíz, ejerciendo el humus de lombriz el mayor efecto sobre esta variable (44 mm), los valores más altos obtenidos en las variables raíces/planta (6.9 unidades), peso de raíz (3.2 kg/planta) y rendimiento (40 t/ha) corresponden también al humus de lombriz, no así para la longitud de raíz (27.5 cm) que corresponde al compost; para estas últimas variables sólo hubo diferencia estadística entre

cualquiera de los tratamientos y el testigo, se atribuye principalmente al porcentaje de nutrientes y al nivel de disponibilidad de éstos en cada abono orgánico. Concluyendo que el humus de lombriz tendió a presentar valores numéricos más altos para las variables raíces por planta, diámetro y peso de raíces y rendimiento por hectárea, siendo diferente estadísticamente de los demás tratamientos solamente para el variable diámetro de raíz.

Camejo (2016), evaluando el efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en yuca. Santa Clara, Honduras. Teniendo como objetivo principal determinar el efecto combinado de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio con micorrizas (hongos micorrizógenos arbusculares) en el cultivo de la yuca, en un suelo Pardo mullido carbonatado. A través de un diseño bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: con y sin micorrizas y los subtratamientos con dosis de N cuatro dosis (0, 35, 70, 105, 140 kg/ha⁻¹), (P₂O₅) cuatro dosis (0, 15, 30, 45, 60 kg/ha⁻¹), K₂O (0, 50, 100, 150, 200 kg/ha⁻¹) con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (extracción total de NPK en kg/ha⁻¹, coeficiente de aprovechamiento de los fertilizantes en %, colonización de raíces con HMA en %, rendimiento comercial expresado en t/ha⁻¹) y componentes de crecimiento (masa seca, en g planta⁻¹, análisis vegetal de NPK, en %, esporas de HMA en el suelo, 50 g suelo⁻¹). Encontró que los mejores tratamientos fueron cuando se aplicaron 70, 30 y 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O más micorrizas respectivamente, que produjeron rendimientos promedios de 35 t/ha⁻¹, un ahorro de fertilizante de 70, 30 y 50 k/ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, con relación a las dosis recomendadas por el instructivo técnico, con su correspondiente impacto económico. Concluyendo que las dosis óptimas de nitrógeno, fósforo y potasio, combinadas con micorrizas logran extracciones totales

de 118; 78 y 181 kg/ha⁻¹ N, P₂O₅ y K₂O respectivamente y coeficientes de aprovechamiento de los fertilizantes de 54, 43 y 47 %.

1.3. Justificación del proyecto

La yuca es un alimento básico para las personas, sus raíces son fuente de carbohidratos y proteínas. En Guatemala el cultivo de yuca se encuentra distribuido en amplias regiones, cálido húmedo y cálido seco. Desde hace ya varios años, la yuca se exporta a todos los mercados del mundo, donde no solo es consumida en los mercados étnicos, principalmente centroamericanos y suramericanos, residentes en los Estados Unidos y la Unión Europea, sino también ha empezado a entrar con fuerza en los restaurantes donde importantes chefs suelen servirla como acompañamiento de distintos platos (MAGA, 2014).

En los últimos años los agricultores del municipio de Cuyotenango se han desmotivado por la baja productividad, ya que los rendimientos (8,281.39 kg/ha), se encuentran por debajo de los rendimientos obtenidos en otras regiones, por ejemplo, en el departamento de Jutiapa se alcanzan rendimientos de hasta 9,305.19 kg/ha (INE, 2003). Esta problemática se manifiesta durante la época lluviosa cuando se desarrolla el ciclo del cultivo, observándose un lento crecimiento, por ende, una menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes; asimismo, se ve incrementada la vulnerabilidad del cultivo al ataque de enfermedades. Los principales problemas son: suelos pobres en nutrientes y desconocimiento de un plan de fertilización por parte de los agricultores.

Los resultados de extensos ensayos realizados por la FAO han mostrado, que muchas variedades de yuca se benefician de la fertilización. La necesidad de fertilizantes en el cultivo de

yuca va en aumento, dado que en los sistemas de producción intensivos se abandonan los medios tradicionales de mantenimiento de la fertilidad del suelo (FAO, 2013).

Por ello, se propuso desarrollar un plan de fertilización para el cultivo de la yuca, dirigido a los agricultores del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez, determinando la factibilidad técnica y económica, como alternativa para resolver los bajos rendimientos que actualmente obtienen los agricultores del municipio.

1.4. Objetivos del proyecto

1.4.1. General

Establecer un plan de fertilización para el cultivo de la yuca bajo las condiciones del municipio de Cuyotenango, del departamento de Suchitepéquez.

1.4.2. Específicos

Evaluar el efecto del plan de fertilización alternativo en los componentes de rendimiento y crecimiento vegetativo en el cultivo de Yuca.

Determinar la factibilidad económica del uso de un plan de fertilización en el cultivo de yuca, a través de indicadores económicos (ganancia por encima de costos variables, presupuestos parciales y precio de equilibrio por unidad de producción).

Ejecutar actividades de extensión rural en el municipio de Cuyotenango a personas, instituciones y asociaciones de la zona interesadas en implementar nuevas alternativas de producción en el cultivo de la yuca.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Descripción del proyecto

2.1.1. Contexto del proyecto.

La producción agrícola ocupa el primer lugar en importancia en cuanto a las actividades económicas que desarrolla el municipio de Cuyotenango, esta es la fuente principal de ingresos para las familias del área urbana y rural. El municipio cuenta con 23,726 hectáreas, de las cuales aproximadamente el 96.47% (22,890 hectáreas) son destinadas a la producción agrícola, ocupando un 49% de esta área para la producción de granos básicos, principalmente maíz blanco, obteniendo 8,935 toneladas de producción anualmente, asimismo el 23.27% del área destinada para la producción agrícola se ocupa en la producción de cultivos perennes como café, hule, entre otros, y el 5.32% del área destinada a la producción agrícola se ocupa en cultivos semiperennes como caña de azúcar, papaya y yuca (MAGA, 2006).

Con relación al cultivo de yuca, esta actividad agrícola generalmente se realiza en época lluviosa, sin embargo, los agricultores del municipio de Cuyotenango, se han desmotivado por la baja productividad de yuca, ya que los rendimientos (8,281.39 kg/ha), se encuentran por debajo de los rendimientos alcanzados en otras regiones, como consecuencia de los suelos pobres en nutrientes, poca asesoría agrícola y desconocimiento en la fertilización química de parte de los agricultores, principalmente del elemento fósforo. Lo anterior ocasiona un lento crecimiento de la planta, una masa radicular menor y un incremento en la susceptibilidad del ataque de enfermedades y la poca acumulación de carbohidratos en la raíz, y por consiguiente el abandono del cultivo o búsqueda a otras alternativas de producción agrícola.

2.1.2 Tipo de proyecto.

Tal como se mencionó anteriormente, el sector agrícola para el municipio de Cuyotenango es su principal actividad económica, en este caso el cultivo de yuca ha ido disminuyendo por los bajos rendimientos presentados en el municipio, debido a la falta de asesoría agrícola, pocos estudios de un plan de fertilización en el cultivo y desconocimiento en la fertilización química por parte de los agricultores. En este sentido se propuso realizar un proyecto de adaptación para determinar la factibilidad técnica y económica del uso de un plan de fertilización en el cultivo de yuca, con una dosis de 176.8 N kg/ha, 100 P₂O₅ kg/ha, 171.84 K₂O kg/ha, 22.96 CaO kg/ha y 8.4 S kg/ha (Aguilar, 2017), en el municipio de Cuyotenango, como alternativa para resolver el problema de los agricultores, con respecto a los bajos rendimientos presentados en la zona. Actualmente los agricultores de la zona fertilizan con la fuente química 20-20-0 para cubrir los requerimientos del cultivo, con una dosis de 50 kg/ha de nitrógeno y 50 kg/ha de P₂O₅.

2.1.3 Tamaño del proyecto.

El proyecto se realizó en el Parcelamiento El Salto, del municipio de Cuyotenango. Las dimensiones de cada parcela fueron de 10 m x 10 m, que equivalen a 100 m². Con un distanciamiento entre parcelas de dos metros y en el contorno de cada parcela dos metros para evitar la influencia de plantas cercanas. Se dejó un distanciamiento entre plantas de 0.5 metros y un distanciamiento entre surcos de 0.9 metros, contemplando una densidad de 222 plantas por parcela. Por la naturaleza del estudio se dejó una parcela bruta y una neta. La parcela bruta contó con 222 plantas y la parcela neta con 105 plantas, esto debido a que se contempla un efecto de

borde que puede ser provocado por diversos factores, como la fertilización. El área total del proyecto fue de 364 m², utilizando 200 m² de área para las dos parcelas, y 164 m² los cuales sirvieron como calle entre parcelas, ver croquis.

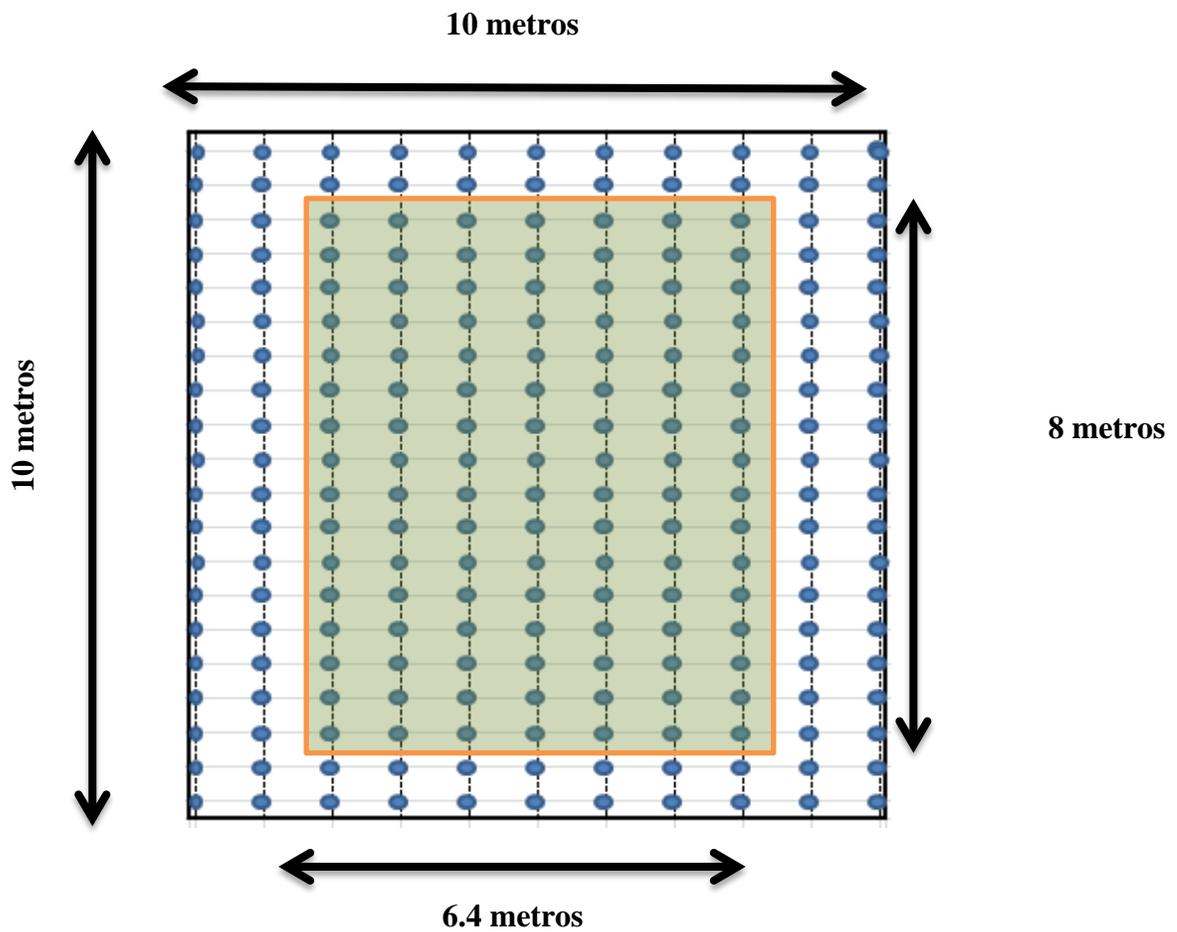


Figura 1. Parcela bruta y neta, proyecto plan de fertilización en el cultivo de yuca, Cuyotenango, Suchitepéquez.

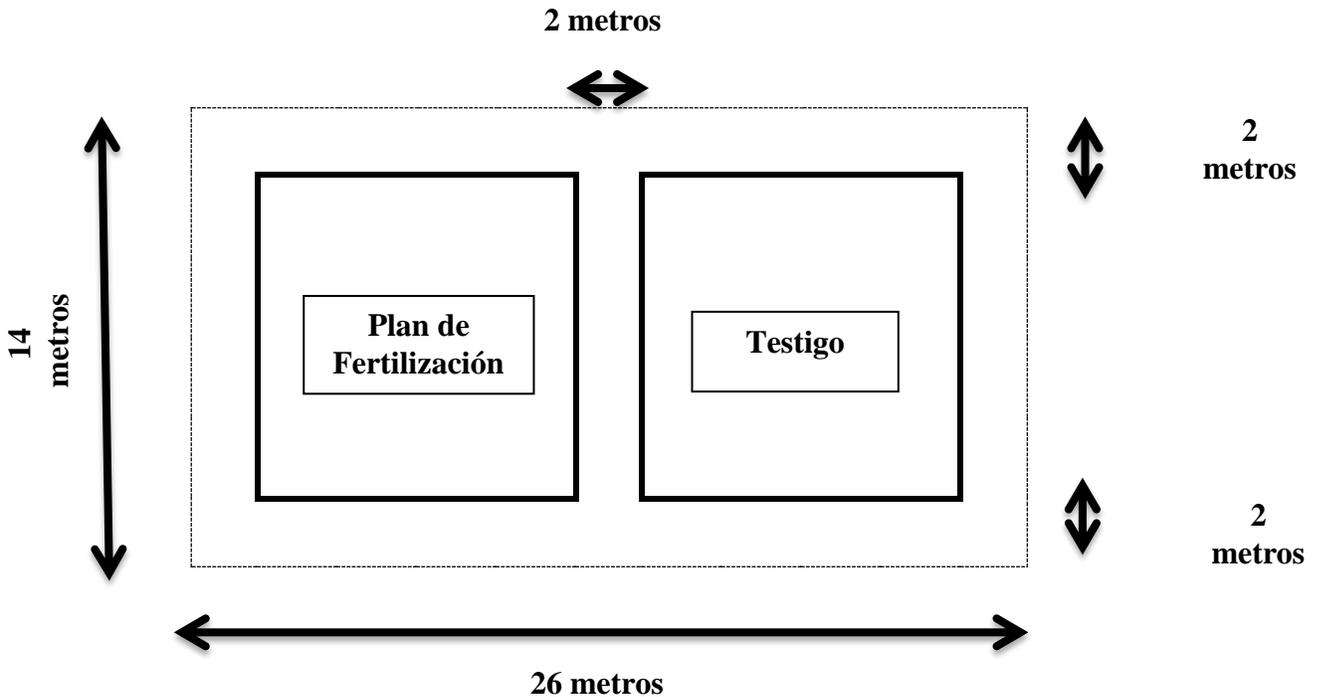


Figura 2. Croquis de campo, proyecto plan de fertilización en el cultivo de yuca, Cuyotenango, Suchitepéquez.

2.1.4 Descripción de la localización del proyecto.

El parcelamiento El Salto se encuentra en el municipio de Cuyotenango, está localizado en la parte occidental del departamento de Suchitepéquez, limita al norte con San Francisco Zapotitlán; al sur, con el municipio de Mazatenango y San Lorenzo; y al oeste con el municipio de San Andrés Villa Seca, del departamento de Retalhuleu. Tiene una extensión territorial de 238 kilómetros cuadrados y las coordenadas de ubicación son 14°32'18" latitud Norte y 91°34'19" longitud Oeste. Este se encuentra a una distancia de 168 kilómetros de la ciudad capital y ocho kilómetros de la cabecera departamental. Posee una altura sobre el nivel del mar de 334.01 m. Se caracteriza por ser de clima cálido y tropical, cuenta con una época seca y otra lluviosa. La

temperatura media anual se encuentra a 25.9 °C, con una precipitación media anual de 3,317 milímetros. La topografía, va desde plana hasta accidentado, no existen montañas ni cerros. Se han identificado 11 ríos; Ican, Sis, Xula, Besa, Los Ajos, Negro, Los Coches, Camelia, Candelero, Aguacapa y San Gabriel. Se localizada en una zona de vida según Holdridge Bosque húmedo subtropical (mh-St), las características del suelo son de color café oscuro y textura franco arcilloso; de procedencia volcánica (Segeplan, 2010).

Se encuentra en la región fisiográfica llanura costera del pacifico, subregión planicie aluvial costera (Suchiate- Madre Vieja); gran paisaje llanura aluvial de los ríos Ican, Nahualate y Madre Vieja. Caracterizada por tener material aluvial con dominancia de arenas y gravas con algunos bloques de lava. En algunos sitios es frecuente hallar, aproximadamente a tres metros, la presencia de rocas tobáceas o de corrientes de lodo. En el municipio de Cuyotenango los suelos son utilizados de la siguiente manera: producción agrícola el 96.47%, infraestructura 0.87%, arbustos y matorrales 0.25% y cuerpos de agua 2.23%; el Instituto Nacional de Bosques –INAB- considera al municipio en una capacidad de uso de la tierra, en la clase agrologica II apta para el cultivo (MAGA, 2001).

2.1.5. Procedimientos (metodología).

Material de estudio. Como material de estudio se utilizó plantas de yuca de la variedad Valencia, esta variedad se caracteriza por la presencia de un peciolo de color morado, hoja en forma lanceolada y un pedúnculo pronunciado, característica importante para el parafinado de la yuca, pues evita daños en la parte proximal en el momento de la cosecha. Es una especie que es cultivada desde el nivel del mar hasta los 1,800 msnm. Sus raíces son el principal producto

económico pero las hojas también tienen un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y Asia, ya sea para alimentación humana o animal (Alzate, 2009).

Descripción del tratamiento a evaluar. Para la realización del proyecto se utilizó el fertilizante 20-20-0 es el que actualmente utiliza el agricultor siendo este el de mayor disponibilidad en el mercado, posee características de alta solubilidad y estabilidad en el suelo por su contenido de fósforo, también aporta nitrógeno en forma amoniacal, en la misma dosis que lo hace con el P_2O_5 . Según (Aguilar, 2017), los requerimientos del cultivo de yuca para producir 40 toneladas de raíz por hectárea son de 176.8 kg/ha de N, 100 kg/ha de P_2O_5 , 171.84 kg/ha de K_2O , 90.30 kg/ha de MgO, 45.92 kg/ha de CaO y 16.8 kg/ha de S. El análisis de suelo indicó que los siguientes elementos se encontraban en los siguientes niveles N deficiente, P deficiente, K deficiente, Mg alto, Ca normal y S normal. Luego se determinó que para un elemento con nivel deficiente se aplica el 100% del requerimiento, para un elemento con nivel normal se aplica el 50% del requerimiento y para un elemento con nivel alto se aplica el 0% del requerimiento, esto con la finalidad de cubrir los requerimientos del cultivo sin elevar demasiado los costos. Como resultado de este análisis se obtuvo el plan de fertilización que consiste en la aplicación de 176.8 kg de N, 100 kg de P_2O_5 , 171.84 kg de K_2O , 22.96 kg de CaO y 8.4 kg de S por hectárea, los fertilizantes utilizados fueron superfosfato triple 217.39 kg, cloruro de potasio 286.4 kg, sulfato de amonio 35 kg, urea 368.37 kg y cal hidratada 30.61 kg por hectárea, como fertilizantes del proyecto de adaptación, fertilizantes que se caracterizan por ser de fácil adquisición para los agricultores de Cuyotenango.

Diseño de los tratamientos. Para el análisis del efecto del plan de fertilización, se analizó a través de comparación de dos muestras (Muestras pareadas), en este caso se seleccionan

individuos o cosas de dos en dos, es decir, por pares, de forma que a un miembro de cada par se le aplica un tratamiento y al otro miembro el segundo tratamiento. En el proyecto propuesto en la parcela uno, se utilizó el plan de fertilización 176.8 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅, 171.84 kg/ha de K₂O, 22.96 kg/ha de CaO y 8.4 kg/ha de S, y la segunda 20-20-0 con una dosis de 50 kg/ha de P₂O₅ y 50 kg/ha de N (Fertilización que utiliza el agricultor). El empleo de muestras pareadas, está influenciado por las variaciones del ambiente. Para evitar la variación las parcelas se colocaron una al lado de la otra, tal como se detalla en la figura dos (Fernández, Trapero, & Domínguez, 2010).

Manejo del proyecto. El manejo del proyecto fueron todas las actividades necesarias para la ejecución del mismo, es de suma importancia realizar las actividades tal y como las realiza el agricultor con la finalidad de evitar otra fuente de variación.

Análisis de suelo. Se realizó un análisis de suelo con anticipación a la siembra con la finalidad de poder determinar los nutrientes que contiene el área donde se desarrolló, la información preliminar se utilizó para establecer el plan de fertilización y sirvió para el análisis de los resultados luego de terminar el trabajo de campo.

Preparación del suelo. La preparación del suelo se realizó en el mes de abril, empezando con un chapeado total del área y luego limpiándola de rastrojos u otros objetos que sean perjudiciales para el desarrollo de las plantas. Para el cultivo de yuca los agricultores no realizan ningún método de labranza por ende en el proyecto tampoco se realizó ningún tipo de labranza para no crear otro factor de variación.

Trazo de parcelas. El trazado de las parcelas es muy importante, como primer paso fue la fabricación de las estacas con recursos que se obtuvieron en la zona como palos y ramas. Para el

trazo de parcelas se realizó la medición completa del terreno que es de 26 metros por 14 metros haciendo un total de 364 m². Luego se contempló marcar dos metros adentro en cada lado del polígono marcado previamente para evitar el efecto de borde, lo que genera un polígono de 22 m x 10 m, en este polígono se delimitaron las dos parcelas de 10 m x 10 m con un área de 100 m², luego se procedió a marcar los surcos para tener un distanciamiento preciso.

Siembra. La siembra se realizó en el mes de Mayo, con las primeras lluvias, para aprovechar toda la época lluviosa con el ciclo del cultivo, la siembra se hizo por medio de estacas sembradas, forma asexual, a un distanciamiento de 0.9 metros entre surcos y 0.5 entre plantas.

Fertilización. La fertilización se realizó 22 días después de la siembra, aproximadamente a finales de mayo y tres meses después de la siembra aproximadamente a principios de Agosto, el 50% de la dosis en cada aplicación (Aguilar, 2017). Estas fueron el punto crucial del proyecto, ya que es la actividad diferente que se llevó a cabo entre las dos parcelas, lo que actualmente utiliza el agricultor que es una fertilización de 50 kg de P₂O₅ y 50 kg de N por hectárea con 20-20-0 distribuidas entre el 50% y 50% y lo que se propuso en el plan de fertilización con 176.8 kg de N, 100 kg de P₂O₅, 171.84 kg de K₂O, 22.96 kg de CaO y 8.4 kg de S por hectárea distribuidas entre el 50% y 50%, con los siguientes fertilizantes superfosfato triple, cloruro de potasio, sulfato de amonio, urea y cal hidratada.

Control de malezas. Para el control de malezas en los primeros meses del ciclo del cultivo se realizó una combinación de control manual (chapeo) y control químico (Paraquat, glifosato, entre otros), se llevó un monitoreo constante cada ocho días para que la aplicación de herbicidas.

Control de plagas y enfermedades. Para el control de plagas y enfermedades se realizó un monitoreo constante cada ocho días para evitar la infestación e infección del cultivo, los

principales insecticidas utilizados para el ataque de las plagas son Cipermetrina, Profenofós más Lufenuron y Malathion. Para el combate contra hongos se utiliza Tebuconazole más Triadimenol y Metalaxil, en caso se presente una infección bacteriana se utiliza un antibiótico en este caso sería la Oxitetraciclina.

Cosecha. Para la cosecha se realizó con piochas, azadones y palas, con bastante cuidado para no dañar las raíces de yuca que es la finalidad del cultivo.

Registro de datos. El registro de los datos se realizó de manera conjunta a la hora de cosecha, teniendo todo el cuidado necesario para recopilarlos. Todos estos datos se anotaron en una libreta de campo que luego sirvió como base para el diseño de una hoja electrónica y el análisis estadístico realizado.

2.2. Indicadores y medios de verificación

Para determinar la viabilidad de la transferencia de esta tecnología, se procedió a medir los siguientes indicadores:

2.2.1. Indicadores de rendimiento.

Previo a la toma de datos se seleccionó un número determinado de plantas, las cuales fueron identificadas, sirvieron para tomar los datos de los indicadores propuestos.

Rendimiento en kg/ha. Para obtener el rendimiento (kg/ha), se tomó las raíces de cada planta, posterior se pesaron para obtener la producción, esto se realizó con una balanza a nivel de campo.

Número de raíces por planta. Para obtener el número de raíces por planta, se realizó un conteo del total de raíces comestibles que tiene cada planta al momento de la cosecha, esto se hizo de una manera visual.

Peso de raíces por planta. Se pesaron de forma individual las raíces de cada planta, para esto se utilizó una balanza semianalítica, esto se hizo al momento de la cosecha.

2.2.2. Indicadores de crecimiento vegetativo.

Previo a la toma de datos se seleccionaron un número determinado de plantas, las cuales fueron identificadas, sirvieron para tomar los datos de los indicadores propuestos.

Altura de planta. Se realizó una medición de altura, al momento de la cosecha. Esto se hizo con un metro desde el nivel del suelo hasta la hoja más alta de la planta.

Diámetro de tallos. Se realizó una medición de diámetro del tallo, al momento de la cosecha esto se hizo con un metro a la altura de 20 centímetros del suelo.

Diámetro de raíz. Se realizó la medición de diámetro de raíz al momento de la cosecha, para esto se tomaron las raíces y se midieron en la sección del centro, con la ayuda de un metro.

Largo de raíz. Se realizó la medición del largo de raíz al momento de la cosecha, esto se hizo con la ayuda de una cinta métrica.

2.2.3. Indicadores económicos.

Para medir la viabilidad técnica del proyecto, se tomaron en cuenta los siguientes indicadores:

Ganancia por encima de costos variables. Es la diferencia entre la ganancia bruta y los costos variables de producción, mientras exista una mayor diferencia, mejor será la rentabilidad del proyecto.

Costos totales por unidad de producción o por unidad de área de terreno. Son todos los costos (costos en efectivo, costos distintos del efectivo, costos del terreno, costos de capital y gastos generales de la granja) dividido entre el área total de terreno. También puede expresarse en área total cultivada u operada, también existe variantes expresadas en peso o volumen de producto, cabezas de ganado etc.

Rentabilidad neta por medición de producción. Es la diferencia entre el valor de la producción y los costos totales dividido las toneladas de producción, también pueden existir variantes dependiendo de la actividad, los estándares regionales o nacionales etc.

Precio de equilibrio por unidad de producción. Son los costos totales dividido la producción total, ésta indica el precio de mercado mínimo para cubrir los costos de producción por cada unidad del producto. Si los precios de venta en la finca superan este valor, las actividades de la explotación agraria generan una ganancia económica.

2.3. Metodología de evaluación del proyecto

Para la evaluación del proyecto, se tomaron en cuenta los siguientes indicadores:

2.3.1. Indicadores de resultados

Indicadores de logros. Para ello, se tomaron en cuenta el efecto del plan de fertilización en los componentes de rendimiento, determinándose si existe una diferencia entre cada una de las parcelas del proyecto, analizando los resultados a través de una distribución de T de Student.

2.3.2 Indicadores de gestión

Indicadores de procesos. Se llevó un registro de cada una de las actividades contempladas en el manejo del proyecto, así como el cumplimiento de acuerdo al cronograma de ejecución.

Indicadores de recursos. Permitted llevar un registro detallado de los recursos invertidos en el proyecto, los que fueron el soporte para la determinación de los indicadores económicos.

2.4. Presupuesto del proyecto

El presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto fue de Q 2,343.35, éste se desglosa de la siguiente manera: costos fijos Q 150.00 y costos variables Q 2,193.35, que a su vez se desglosa en insumos agrícolas Q 843.35 que incluye material vegetativo, pita, fertilizantes varios e insecticidas y Q 1,350.00 de mano de obra, que son el pago de jornales para las siguientes actividades: trazo, preparación de suelo, aplicación de fertilizantes, limpiezas, aplicación de pesticidas, siembra y cosecha.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Evaluación del proyecto

3.1.1. Aspectos económicos.

Rendimiento en kg/ha. Los resultados obtenidos de rendimiento al final del experimento.

Tabla 2

Comparación de dos muestras para rendimiento en kilogramos por hectárea, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

Plan de fertilización		Fertilización tradicional	
Kilos por planta	1.86	Kilos por planta	0.78
Kilos por hectárea	41275.07	Kilos por hectárea	17442.11
Toneladas por hectárea	41.28	Toneladas por hectárea	17.44

Los datos anteriores fueron obtenidos por los promedios de las muestras, que fueron 30 plantas por parcela de estudio.

Los rendimientos obtenidos en la parcela con un plan de fertilización fueron de 41.28 toneladas por hectárea superando por más del 200% a la parcela con fertilización tradicional que fue de 17.44 toneladas por hectárea, también superando la media de rendimiento obtenida por, según Pérez 2013, en el parcelamiento Caballo Blanco, Retalhuleu que es de 33.42 tm/ha, sin embargo no alcanzó su máximo rendimiento que fue de 53.66 tm/ha, (según Pérez 2013) esto se debe probablemente a las características físicas del suelo y a la implementación de labranza.

Un rendimiento superior a 35 tm/ha obtuvo por Camejo (2016), en el tratamiento de aplicación de micorrizas al suelo y 70 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ y 150 kg/ha de K₂O,

evidencia la necesidad de realizar el análisis de suelo para proporcionarle a este lo que le falta en base a las necesidades de la planta y así obtener los mejores rendimientos.

El rendimiento obtenido en la parcela con plan de fertilización tradicional supera a la media de producción del departamento que es de 8.28 toneladas por hectárea debido a que aunque la fertilización sea la utilizada por los agricultores en la zona, existen otros factores que también ayudaron a obtener estos rendimientos superiores como por ejemplo los trabajos culturales (limpias, aspersiones, etc.).

En el trabajo de investigación se eliminaron todos los factores distintos a la fertilización, con la finalidad de no tener otras variables para el análisis del mismo. El alto rendimiento obtenido en el plan de fertilización se debe a la ley de mínimos, la cual indica que la producción de cualquier cultivo va estar limitada por la concentración más deficiente de cualquier elemento necesario por la planta para su desarrollo. Entonces con la aplicación del plan de fertilización se logró suministrar todos los nutrientes que la planta necesita que no se encuentren en el suelo, con esto la planta demuestra todo su potencial de producción.

Número de raíces por planta. Los resultados obtenidos de número de raíces por planta al final del experimento, en ambas parcelas fueron sometidos a la comparación de dos muestras, por medio del cálculo de parcelas pares para variables independientes.

Tabla 3.

Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable número de raíces por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
1	11	7
2	11	6
3	12	7
4	10	8
5	11	8
6	11	6
7	11	8
8	12	7
9	11	7
10	10	8
11	11	6
12	9	8
13	10	7
14	11	7
15	12	7
16	11	8
17	10	7
18	11	7
19	7	8
20	9	8
21	10	9
22	13	8
23	11	7
24	10	8
25	11	9
26	10	8
27	12	7
28	10	8
29	13	7
30	10	8
	321	224

Tabla 4.

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable número de raíces por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
n	30	30
Total	321	224
Promedio	10.7	7.467
S₂	1.4586	0.6023
G1	29	29

En esta tabla se puede observar el promedio para la parcela con el plan de fertilización que es de 10,7 raíces por planta y la parcela con fertilización tradicional que es de 7,47 raíces por planta.

Tabla 5.

Calculo de significancia para la variable número de raíces por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	S ₂	S _{x1-x2}	t	t _{0,05}	Significancia
FC-FT	1.0305	0.2621	12.3362	2.0027	***

La hipótesis nula indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable número de raíces por planta, y la hipótesis alternativa indica que si existen diferencias significativas para la variable número de raíces por planta.

El valor 12.3362 es mayor de 2.0027, valor en las tablas de t_{0,05} para (n-1)=58 grados de libertad, lo que permite rechazar la hipótesis nula $\mu D=0$. Los resultados indican, por

consiguiente, que la aplicación de un plan de fertilización al suelo en el cultivo de yuca influye en el número de raíces por planta.

Existe una diferencia altamente significativa entre las medias de la parcela con un plan de fertilización y la parcela con la fertilización tradicional en la variable número de raíces por planta, el incremento en las raíces por planta está relacionado directamente con el rendimiento obtenido en las parcelas.

El promedio para la parcela con el plan de fertilización es de 10.7 raíces por planta superando en casi un 30% a la parcela con la fertilización tradicional que es de 7.46 raíces por planta, esta diferencia altamente significativa, sin embargo el rendimiento en la parcela con el plan de fertilización es casi un 150% más que en la parcela con fertilización tradicional esto se debe también a otras variables que se midieron como el largo y peso de raíz. Esto demuestra la necesidad de que los agricultores al trabajar sus parcelas utilicen un plan de fertilización y así lograr que la planta demuestre su máximo potencial de producción.

Peso de raíces por planta. Los resultados obtenidos de peso de raíces por planta al final del experimento, en ambas parcelas fueron sometidos a la comparación de dos muestras, por medio del cálculo de parcelas pares para variables independientes.

Tabla 6.

Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes, para la variable peso de raíces por planta en kilogramos, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
1	1.80	0.64
2	1.80	0.41
3	2.02	0.64
4	1.63	0.98
5	1.80	0.86
6	1.91	0.41
7	1.80	0.98
8	2.14	0.75
9	1.80	0.64
10	1.68	0.98
11	1.80	0.41
12	1.45	0.98
13	1.57	0.75
14	1,91	0.69
15	2,02	0.64
16	1.91	0.98
17	1.57	0.64
18	1.80	0.64
19	1.07	0.86
20	1.45	0.86
21	1.57	1.09
22	2.31	0.86
23	1.80	0.64
24	1.57	0.86
25	1.80	1.09
26	1.75	0.86
27	2.08	0.64
28	1.57	0.86
29	2.31	0.64
30	1.57	0.86
	53.2045	23.1250

Tabla 7.

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable peso de raíces en kilogramos por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
n	30	30
Total	53.2045	23.1250
Promedio	1.7735	0.7708
S₂	0.0677	0.0362
G1	29	29

En esta tabla se observa el promedio para la parcela con el plan de fertilización que es de 1.77 kg de peso de raíces por planta y la parcela con fertilización tradicional que es de 0.77 kg de peso de raíces por planta.

Tabla 8.

Calculo de significancia para la variable peso de raíces en kilogramos por planta, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	S₂	S_{x1-x2}	t	t_{0,05}	Significancia
FC-FT	0.052	0.059	17.041	2.0027	***

La hipótesis nula indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable peso de raíces, y la hipótesis alternativa indica que si existen diferencias significativas para la variable peso de raíces.

El valor 17.041 es mayor de 2.0027, valor en las tablas de $t_{0,05}$ para $(n-1)=58$ grados de libertad, lo que permite rechazar la hipótesis nula $\mu D=0$. Los resultados indican, por consiguiente, que la aplicación de un plan de fertilización al suelo en el cultivo de yuca influye en el peso de las raíces por planta.

Existe una diferencia altamente significativa entre las medias de la parcela con un plan de fertilización y la parcela con la fertilización tradicional en la variable peso de raíces por planta, el incremento del peso en las raíces por planta está relacionado directamente con el rendimiento obtenido en las parcelas.

El promedio para la parcela con el plan de fertilización es de 1.77 kilogramos por planta superando en más del 100% a la parcela con la fertilización tradicional que es de 0.77 kilogramos por planta, esta diferencia altamente significativa demuestra la eficiencia que se obtiene del cultivo con un plan de fertilización, una razón más por la cual los agricultores deben optar por esta tecnología.

Las tres variables anteriormente analizadas son indicadores del rendimiento del cultivo y están relacionadas con la producción de este, estas dos últimas variables son los pilares en el análisis del rendimiento del cultivo y así mismo en el análisis de rentabilidad del cultivo. Sin embargo no son factores que determinen la calidad del producto, en ambas parcelas se obtuvieron yucas de tamaño pequeño basándose en las exigencias del mercado. Esto se debe a factores que no se contemplan a la hora de analizar la investigación. Tal es el caso de la semilla utilizada, aparentemente es una genética de mala calidad en la cual se obtienen bastantes raíces de poco peso.

En ambas parcelas se utilizó esta genética para evitar fuentes de variación. Se solicitó y compro semilla de la variedad Valencia sin embargo por la gran cantidad de raíces que presento parecía de algún otro tipo, pero ya en la fase de extensionismo se confirmó que en si esa es la variedad que ellos trabajan. Entonces se llegó a la conclusión que la variedad rinde, por el

tonelaje que produjo por hectárea sin embargo de mala calidad. También se puede decir lo mismo del distanciamiento utilizado, es el que utilizan los agricultores (altamente denso), lo que pudo ocasionar también las raíces pequeñas, por competencia radicular, se pudo apreciar que entre planta había traslape de raíces.

Sin embargo estos dos factores mencionados si bien es cierto que hay que estudiarlos e investigarlos para mejorar la producción y la calidad de producto de estos agricultores, no era el enfoque de esta investigación.

Altura de planta. Los resultados obtenidos de altura de planta al final del experimento, en ambas parcelas fueron sometidos a la comparación de dos muestras, por medio del cálculo de parcelas pares para variables independientes.

Tabla 9.

Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable altura de planta en metros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización Tradicional
1	4.20	3.50
2	4.05	2.80
3	4.50	3.50
4	4.00	4.55
5	4.20	4.20
6	4.20	2.80
7	4.00	4.55
8	4.20	3.85
9	4.10	3.50
10	3.90	4.55
11	4.10	2.80
12	3.80	4.55
13	3.80	3.85
14	4.20	3.68
15	4.20	3.50
16	4.20	4.55
17	3.80	3.50
18	4.00	3.50
19	3.00	4.20
20	3.40	4.20
21	3.80	4.90
22	5.00	4.20
23	4.10	3.50
24	3.90	4.20
25	4.10	4.90
26	4.00	4.20
27	4.20	3.50
28	3.80	4.20
29	5.00	3.50
30	3.80	4.20
	121.55	117.43

Tabla 10.

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable altura de planta en metros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
n	30	30
Total	121.55	117.43
Promedio	4.05	3.91
S₂	0.1432	0.3432
gl	29	29

En esta tabla se puede observar el promedio para la parcela con el plan de fertilización que es de 4.05 metros de altura y la parcela con fertilización tradicional que es de 3.91 metros de altura.

Tabla 11

Calculo de significancia para la variable altura de planta en metros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	S₂	S_{x1-x2}	t	t_{0,05}	Significancia
FC-FT	0.2432	0.1273	1.0799	2.0027	NS

La hipótesis nula indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable altura de planta, y la hipótesis alternativa indica que si existen diferencias significativas para la variable altura de planta.

El valor 1.0799 es menor de 2.0027, valor en las tablas de $t_{0,05}$ para $(n-1)=58$ grados de libertad, lo que permite aceptar la hipótesis nula $\mu D=0$. Los resultados indican, por consiguiente,

que la aplicación de un plan de fertilización al suelo en el cultivo de yuca no influye en la altura de la planta.

No existe una diferencia significativa entre las medias de la parcela con un plan de fertilización y la parcela con la fertilización tradicional en la variable altura de planta.

El promedio para la parcela con el plan de fertilización es de 4.05 metros de altura de planta y la parcela con la fertilización tradicional es de 3.91 metros de altura de planta, si bien existe una diferencia entre los promedios de altura, esta no es significativa estadísticamente.

La altura de la planta es un indicador de crecimiento vegetativo de la planta, en el experimento las diferencias no fueron significativas, se considera que esta variable depende más de la competencia que existe entre las plantas por la luz que de los nutrientes disponibles para la planta. Entonces la altura de la planta está relacionada directamente con la densidad utilizada para el cultivo.

Se recomienda no utilizar densidades altas debido a que la altura de la planta sería más y por consiguiente se incrementa el riesgo de acame del cultivo lo que trae como consecuencia una disminución en la producción.

Diámetro de tallos. Los resultados obtenidos de diámetro de tallos al final del experimento, en ambas parcelas fueron sometidos a la comparación de dos muestras, por medio del cálculo de parcelas pares para variables independientes.

Tabla 12.

Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable diámetro de tallos en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización Tradicional
1	3.02	3.02
2	2.86	3.34
3	3.18	2.71
4	2.86	2.86
5	3.02	3.02
6	3.02	3.02
7	2.86	2.86
8	3.02	2.55
9	2.86	2.39
10	2.86	3.50
11	2.86	3.34
12	2.71	3.02
13	2.71	2.86
14	3.02	2.55
15	3.02	2.86
16	3.02	2.71
17	2.71	2.39
18	2.86	2.07
19	2.23	2.39
20	2.55	3.02
21	2.71	2.86
22	3.34	2.07
23	2.86	3.02
24	2.86	2.55
25	2.86	2.39
26	2.86	3.02
27	3.02	1.91
28	2.71	3.02
29	3.34	2.71
30	2.71	2.39
	86.58	82.44

Tabla 13.

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable diámetros de tallos en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
n	30	30
Total	86.58	82.44
Promedio	2.8860	2.7481
S₂	0.0484	0.1501
gl	29	29

En esta tabla se puede observar el promedio para la parcela con el plan de fertilización que es de 2,88 cm de diámetro y la parcela con fertilización tradicional que es de 2,74 cm de diámetro.

Tabla 14.

Calculo de significancia para la variable diámetros de tallos en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	S ₂	S _{x1-x2}	t	t _{0,05}	Significancia
FC-FT	0.099	0.081	1.695	2.0027	NS

La hipótesis nula indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable diámetro de tallos, y la hipótesis alternativa indica que si existen diferencias significativas para la variable diámetro de tallos.

El valor 1.695 es menor de 2.0027, valor en las tablas de t_{0,05} para (n-1)=58 grados de libertad, lo que permite aceptar la hipótesis nula $\mu D=0$. Los resultados indican, por consiguiente,

que la aplicación de un plan de fertilización al suelo en el cultivo de yuca no influye en el diámetro de los tallos.

No existe una diferencia significativa entre las medias de la parcela con un plan de fertilización y la parcela con la fertilización tradicional en la variable diámetros de tallos.

El promedio para la parcela con el plan de fertilización es de 2.89 centímetros de diámetro de tallo y la parcela con la fertilización tradicional es de 2.75 centímetros de diámetro de tallo, si bien existe una diferencia entre los promedios de diámetros, esta no es significativa estadísticamente.

El diámetro de los tallos es un indicador de crecimiento vegetativo de la planta, en el experimento las diferencias no fueron significativas, se considera que esta variable es dependiente a la vigorosidad de las plantas. Al existir un plan de fertilización para el cultivo la respuesta natural de las plantas es ser más vigorosas.

Si bien es cierto que no existe diferencia en los diámetros de los tallos, se pudo notar la consistencia más resistente de las plantas con el plan de fertilización lo que trae dos ventajas para los agricultores: la reducción del riesgo de acame del cultivo y obtener semilla más resistente y vigorosa para el nuevo ciclo de cultivo.

El acame es la caída de las plantas por factores como viento y lluvia, lo que trae como consecuencia que la planta gaste su energía en hacer crecer nuevos tallos para alcanzar la luz del sol, sin embargo esta al hacer eso sacrifica la energía que le sirve para llenar sus reservas que en este caso son las raíces. Para el agricultor tener una semilla con yemas y tallos vigorosos asegura

el porcentaje de germinación de la plantación, por ende la uniformidad de esta aquí la importancia de esta.

Diámetro de raíz. Los resultados obtenidos de diámetro de raíz al final del experimento, en ambas parcelas fue sometido a la comparación de dos muestras, por medio del cálculo de parcelas pares para variables independientes.

Tabla 15.

Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable diámetro de raíz en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización Tradicional
1	5.09	4.77
2	4.77	5.41
3	5.41	4.14
4	4.77	4.46
5	5.09	4.77
6	5.09	4.77
7	4.77	4.46
8	5.09	3.82
9	4.77	3.50
10	4.77	5.73
11	4.77	5.41
12	4.46	4.77
13	4.46	4.46
14	5.09	3.82
15	5.09	4.46
16	5.09	4.14
17	4.46	3.50
18	4.77	2.86
19	3.50	3.50
20	4.14	4.77
21	4.46	4.46
22	5.73	2.86
23	4.77	4.77
24	4.77	3.82
25	4.77	3.50
26	4.77	4.77
27	5.09	2.55
28	4.46	4.77
29	5.73	4.14
30	4.46	3.50
Total	144.51	126.68

Tabla 16.

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable diámetro de raíz en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
n	30	30
Total	144.51	126.68
Promedio	4.8171	4.2229
S₂	0.1938	0.6005
gl	29	29

En esta tabla se puede observar el promedio para la parcela con el plan de fertilización que es de 4,81 cm de diámetro y la parcela con fertilización tradicional que es de 4,22 cm de diámetro.

Tabla 17.

Calculo de significancia para la variable diámetro de raíz en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	S ₂	S _{x1-x2}	t	t _{0,05}	Significancia
FC-FT	0.397	0.163	3.652	2.0027	***

La hipótesis nula indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable diámetro de raíz, y la hipótesis alternativa indica que si existen diferencias significativas para la variable diámetro de raíz.

El valor 3.652 es mayor de 2.0027, valor en las tablas de t_{0,05} para (n-1)=58 grados de libertad, lo que permite rechazar la hipótesis nula $\mu D=0$. Los resultados indican, por

consiguiente, que la aplicación de un plan de fertilización al suelo en el cultivo de yuca influye en el diámetro de las raíces por planta.

Existe una diferencia altamente significativa entre las medias de la parcela con un plan de fertilización y la parcela con la fertilización tradicional para la variable diámetro de raíces, el incremento del diámetro en las raíces por planta está relacionado con el rendimiento y la calidad de producto obtenido de la plantación.

El promedio para la parcela con el plan de fertilización es de 4.81 centímetros por raíz y la parcela con la fertilización tradicional es de 4.22 centímetros por raíz, esta diferencia aparte de tener relación beneficiosa y directa con el rendimiento, también se relaciona con la calidad del producto, lo que trae consigo una mejor comercialización del producto.

En la capacitación impartida a los agricultores de la zona, algunos comentaron de esta ventaja que trae consigo la utilización de un plan de fertilización en los cultivos, indicaron que con una yuca de mayor diámetro obtenían un mejor precio por tonelada en los mercados, en el análisis económico esta ventaja no fue tomada en cuenta debido a que si bien existe, no está cuantificado el impacto en el precio por parte de estos.

Largo de raíz. Los resultados obtenidos de largo de raíz al final del experimento, en ambas parcelas fueron sometidos a la comparación de dos muestras, por medio del cálculo de parcelas pares para variables independientes.

Tabla 18.

Comparación de dos muestras por el método de parcelas pares para variables independientes para la variable largo de raíz en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización Tradicional
1	49	45
2	46	51
3	50	39
4	45	42
5	48	45
6	47	45
7	45	42
8	48	36
9	45	33
10	46	54
11	46	51
12	43	45
13	43	42
14	48	36
15	50	42
16	50	39
17	42	33
18	45	27
19	35	33
20	39	45
21	42	42
22	54	27
23	45	45
24	45	36
25	45	33
26	45	45
27	48	24
28	42	45
29	54	39
30	42	33
Total	1372	1194

Tabla 19.

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para la variable largo de raíz en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Fertilización propuesta	Fertilización tradicional
n	30	30
Total	1372	1194
Promedio	45.733	39.8
S₂	15.8575	53.3379
gl	29	29

En esta tabla se puede observar el promedio para la parcela con el plan de fertilización que es de 45,73 cm de largo y la parcela con fertilización tradicional que es de 39,8 cm de largo de raíz.

Tabla 20.

Calculo de significancia para la variable largo de raíz en centímetros, en la parcela con el plan de fertilización y en la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	S ₂	S _{x1-x2}	t	t _{0,05}	Significancia
FC-FT	34.598	1.519	3.907	2.0027	***

La hipótesis nula indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable largo de raíz, y la hipótesis alternativa indica que si existen diferencias significativas para la variable largo de raíz.

El valor 3.907 es mayor de 2.0027, valor en las tablas de t_{0,05} para (n-1)=58 grados de libertad, lo que permite rechazar la hipótesis nula $\mu D=0$. Los resultados indican, por

consiguiente, que la aplicación de un plan de fertilización al suelo en el cultivo de yuca influye en el largo de las raíces por planta.

Existe una diferencia altamente significativa entre las medias de la parcela con un plan de fertilización y la parcela con la fertilización tradicional para la variable largo de raíz, el incremento del largo en las raíces por planta está relacionado con el rendimiento y la calidad de producto obtenido de la plantación.

El promedio para la parcela con el plan de fertilización es de 45.73 centímetros por raíz y la parcela con la fertilización tradicional es de 39.8 centímetros por raíz, esta diferencia a parte de tener relación beneficiosa y directa con el rendimiento, también se relaciona con la calidad del producto lo que trae consigo una mejor comercialización del producto.

En la asesoría brindada para los agricultores de la zona, estos indicaron la importancia que tiene una yuca más larga, que aparte de estar relacionada directamente con la producción del cultivo, logra obtener mejores precios por tonelada, ya que al igual que la variable anterior, en los mercados nacionales una yuca más larga y con un mayor diámetro tiene una mejor presentación.

Así mismo como el diámetro de la raíz, el largo, son variables que mejoran los precios pero no fueron tomados en cuenta para el análisis económico debido a que no está cuantificado el impacto que tienen estos en los precios.

3.1.2. Aspectos económicos.

Ganancia por encima de costos variables.

Tabla 21.

Comparación de la ganancia por encima de costos variables de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Ton/Ha	Costos Variables	Precio Ton.	Ingresos Brutos	Ganancia por encima de costos Variables
Plan de fertilización	41.28	Q 15,798.62	Q 1,540.00	Q 63,563.60	Q 47,764.98
Fertilización tradicional	17.44	Q 12,865.00	Q 1,540.00	Q 26,860.84	Q 13,995.84

La ganancia por encima de costos variables, es la cantidad de dinero que ingresa por la venta del producto descontando únicamente los costos variables, sin descontar los fijos, este indicador nos sirve para determinar cuánto puede soportar el proyecto, la disminución de los ingresos.

La ganancia por encima de costos variables para la parcela donde se aplicó el plan de fertilización es de Q 47,764.98, superando a la parcela con fertilización tradicional que es de Q 13,995.84. Esto indica que al aplicar un plan de fertilización en el cultivo de yuca los ingresos se incrementan significativamente.

El incremento en la ganancia por encima de los costos variables se debe al incremento en el rendimiento del cultivo, si bien es cierto que los costos variables se incrementan en la parcela donde se aplicó el plan de fertilización, esto se ve compensado por el incremento de más del 200% en el rendimiento.

Al existir una sobre oferta del producto en el mercado y que el precio de la tonelada de yuca disminuya, la parcela donde se aplica el plan de fertilización tiene un mayor margen de soportar los precios bajos, en cambio la parcela donde se aplica una fertilización tradicional el margen es menor.

El precio de venta fue estimada según los productores de Q 100 el bulto que tiene un peso aproximado de 140-145 libras. Redondeando el precio a Q 1540 la tonelada. Si bien es cierto que los productos agrícolas a la hora de la venta se clasifican por tamaños y calidades y que según así su precio. Para el caso de la investigación no se contempló eso y se basó en la opinión de los mismos agricultores de como venden ellos su producto, que es en costales y sin clasificación. Ya es función de los intermediarios realizar la clasificación del producto por categorías y así darle un valor agregado a este.

Costos totales por unidad de producción o por unidad de área de terreno.

Tabla 22.

Comparación de los costos totales por unidad de producción de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Ton/Ha	Costos Fijos	Costos Variables	Costo total por hectárea
Plan de fertilización	41.28	Q 3,000.00	Q 15,798.62	Q 18,798.62
Fertilización tradicional	17.44	Q 3,000.00	Q 12,865.00	Q 15,865.00

El costo total por unidad de producción son todos los costos, fijos y variables, en los que se incurre para realizar un proyecto, este indicador sirve para determinar el capital necesario para una unidad de producción en un proyecto.

El costo total por unidad para la parcela donde se aplicó el plan de fertilización es de Q 18,798.62 y la parcela donde se aplicó la fertilización tradicional fue de Q 15,865.00.

Existe una diferencia de Q 2,933.62, este incremento se debe a la aplicación de los diferentes fertilizantes utilizados en la parcela con el plan de fertilización. Los demás insumos se tomaron iguales para ambas parcelas.

Este indicador para los agricultores de Guatemala, es un aspecto arbitrario debido a que la mano de obra no es tomada en cuenta a la hora de calcular los costos porque ellos realizan los trabajos. Esto pone en cierta desventaja a las personas que realizan proyectos con fines económicos debido a que los costos de mano de obra si son tomados en cuenta, para una hectárea de yuca la mano de obra contemplada es de Q 10,125.00

Rentabilidad neta por medición de producción.

Tabla 23.

Comparación de la rentabilidad neta por medición de producción de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Ton/Ha	Costo producción	Ingresos Brutos	Ingresos Netos	Rentabilidad neta por medición de producción
Plan de fertilización	41.28	Q 18,798.62	Q 63,563.60	Q 44,764.98	Q 1,084.55
Fertilización tradicional	17.44	Q 15,865.00	Q 26,860.84	Q 10,995.84	Q 630.42

La rentabilidad neta por medición de producción, es la cantidad de dinero que se obtiene de ingresos netos por cada unidad producida para este caso son las toneladas de yuca, este indicador sirve para determinar con que tecnología obtenemos más ingresos netos.

La rentabilidad neta por medición de producción para la parcela donde se aplicó el plan de fertilización es de Q 1,084.55 por tonelada, superando a la parcela con fertilización tradicional que es de Q 630.42. Esto indica que al aplicar un plan de fertilización en yuca, se incrementa la rentabilidad por tonelada de yuca producida.

El incremento en la rentabilidad neta por medición de producción en la parcela donde se aplicó el plan de fertilización se debe al incremento en la producción de más del 200 % en comparación de la parcela con la fertilización tradicional, esto produce que los costos totales se reduzcan a más de la mitad en la primer parcela incrementando la ganancia unitaria.

Al existir una sobre oferta del producto en el mercado y que el precio de la tonelada de yuca disminuya, la parcela donde se aplica el plan de fertilización tiene un mayor margen de soportar los precios bajos, en cambio la parcela donde se aplica una fertilización tradicional el margen es menor.

Precio de equilibrio por unidad de producción.

Tabla 24.

Comparación del precio de equilibrio por unidad de producción de la parcela con el plan de fertilización y de la parcela con fertilización tradicional; Cuyotenango, Suchitepequez, 2019.

	Ton/Ha	Costos Fijos	Costos Variables	Costo prod.	Costo total por tonelada
Plan de fertilización	41.28	3,000.00	15,798.62	Q 18,798.62	Q 455.45
Fertilización tradicional	17.44	3,000.00	12,865.00	Q 15,865.00	Q 909.58

El precio de equilibrio por unidad de producción, es el precio mínimo al cual se debe vender el producto para cubrir los costos de producción, se obtiene de dividir los costos totales por la cantidad producida, este indicador sirve para determinar cuál es el precio mínimo al vender donde no se obtienen ni ganancias ni pérdidas.

El precio de equilibrio por unidad de producción para la parcela donde se aplicó el plan de fertilización es de Q 455.45 por tonelada, siendo este más bajo que en la parcela donde se aplicó una fertilización tradicional siendo este de Q 909.58 por tonelada. Esto indica que al aplicar un plan de fertilización en yuca el precio de equilibrio se disminuye drásticamente.

La disminución en el precio de equilibrio por unidad de producción para la parcela donde se aplicó el plan de fertilización es inferior por que la cantidad producida más del 200% de la parcela donde se aplicó la fertilización tradicional.

Al aplicar el plan de fertilización se puede vender la tonelada a Q 455.45 sin tener pérdidas, en cambio obtener estos precios en una parcela con la fertilización tradicional sería

perder casi la mitad de la inversión, sin embargo los agricultores tradicionales no perciben esto porque la mano de obra ellos la realizan en sus proyectos, los costos de mano de obra de una hectárea oscilan en Q 10,125.00.

3.2. Medios de verificación del proyecto

La verificación del proyecto consistió en realizar las siguientes actividades para dejar constancia de las actividades realizadas.

Libreta de campo: Es una herramienta solicitada y autorizada por la Coordinación Académica de Facultad, en ella se anotaron todas las actividades realizadas durante la ejecución del proyecto, cada una de ellas con su respectiva fecha.

Bitácoras mensuales: Son documentos electrónicos en los cuales se anotaron las actividades realizadas durante cada mes, se adjuntaron fotografías de las actividades que tuvieron lugar en el mes correspondiente.

Expediente de calidad: Se generó un archivo digital donde se incluían todas las fotografías tomadas y ordenadas según la actividad realizada, también se adjuntaron las bitácoras mensuales con la finalidad de entrelazarlas con estas para comprender el desarrollo del proyecto.

3.3. Análisis de Impactos del proyecto

3.3.1. Económico.

El proyecto económicamente resulta atractivo para los agricultores de la zona de Suchitepéquez, el rendimiento obtenido en la parcela testigo fue de 17.44 toneladas por hectárea y el rendimiento con el plan de fertilización fue de 41.28 toneladas por hectárea, siendo los costos de producción Q 15,865.00 y Q 18,798.62 respectivamente, obteniendo una rentabilidad neta de Q 630.42 y Q 1,084,055 por tonelada respectivamente, esto indica que la utilización de un plan de

fertilización para el cultivo de la yuca logra obtener una producción más rentable lo que también significa un proyecto con un punto de equilibrio más bajo lo que lo hace más resistente a las fluctuaciones de precios en los diferentes mercados.

En el proyecto ambas parcelas tuvieron las mismas condiciones ambientales, se les aplicaron las mismas prácticas agrícolas, lo que nos indica que el incremento en la rentabilidad del proyecto se debe a que el rendimiento del cultivo está relacionado directamente con la fertilización.

La ganancia neta es de Q 10,995.84 para la fertilización tradicional y de Q 44,764.98 para la fertilización con un plan por hectárea esto demuestra la superioridad económica del plan de fertilización. Siendo este más atractivo para los agricultores de la zona.

3.3.2. Social.

El extensionismo del proyecto de fertilización del cultivo de la yuca se realizó con dos grupos de agricultores donde participaron cinco y seis agricultores de la zona; se realizó de esta manera con la finalidad que la presentación fuese personalizada para cada uno. Se realizó una selección fuerte de los participantes con la finalidad de obtener el mayor impacto social en la comunidad.

A los agricultores que se les hizo la invitación para la presentación del plan de fertilización de yuca, fueron bien identificados dentro de la zona siendo uno de los requisitos indispensables en su selección trabajar activamente con el cultivo de yuca, y ser personas dinámicas y dispuestas a trabajar con una tecnología nueva.

Los agricultores se vieron muy interesados por el desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos, ya que ellos en ambas presentaciones argumentaron nunca antes haber obtenido tan

altos rendimientos de yuca en las diferentes parcelas ubicadas en el municipio. Asimismo, estos realizaron varias preguntas entre las más sobresalientes fueron donde se podía realizar un análisis de suelo para determinar los requerimientos de este, cuántos nutrientes consume la yuca en un suelo sin ningún nutriente y si se podía realizar este mismo proceso en otros cultivos como por ejemplo maíz. Todas estas preguntas realizadas por ellos indicaron la suma importancia que tienen investigaciones de este tipo para el desarrollo de los agricultores del país y aún más el extensionismo de las mismas, ya que sin esto serian solamente investigaciones.

Por último, del proceso de extensionismo se les indicó a los agricultores dónde podrían adquirir los insumos para realizar sus planes de fertilización y cómo se podrían comunicar al laboratorio de suelos. Se les recalcó la importancia del análisis de suelo por que cada suelo es diferente aunque sean del mismo municipio, con la finalidad de que no aplicaran los mismos fertilizantes y dosis a sus parcelas por que los resultados podrían ser diferentes a los del experimento.

3.3.3. Ambiental.

El uso de un plan de fertilización en la agricultura tiene impactos ambientales beneficiosos entre los cuales se pueden mencionar:

El uso correcto de los fertilizantes evita la contaminación de fuentes de agua, ríos, lagos y mares, debido a que el proceso de lixiviación de nutrientes es menor, ya que se le aplica al cultivo lo que este necesita, no creando excedentes que puede traer como consecuencias el crecimiento descontrolado de algas y protozoarios en los cuerpos de agua por el arrastre de nutrientes.

Con un mayor rendimiento en los cultivos por consecuencia de un plan de fertilización se logra reducir la presión existente sobre el recurso suelo, lo que trae como consecuencia el sobre uso del suelo y también la deforestación de algunas zonas del municipio.

Al utilizar un plan de fertilización se optimiza la utilización de los pesticidas por tonelada producida de yuca, esto indica que se utiliza menos pesticidas por tonelada de yuca, ya que en ambas parcelas se utilizaron los mismos pesticidas y dosis.

4. CONCLUSIONES

- Se estableció un plan de fertilización en base al análisis del suelo y las necesidades nutricionales del cultivo de la yuca bajo las condiciones del municipio de Cuyotenango aplicando 176.8 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅, 171.84 kg/ha de K₂O, 22.96 kg/ha de CaO y 8.4 kg/ha de S, el cual fue comparado con la fertilización tradicional de los agricultores de la zona que es la aplicación de 20-20-0 con una dosis de 50 kg/ha de P₂O₅ y 50 kg/ha de N
- Se evaluó el efecto del plan de fertilización frente a la fertilización tradicional de los agricultores, encontrándose diferencia significativa en las variables de rendimiento; rendimiento en ton/ha, peso en kg de raíces por planta, número de raíces por planta y en las variables de crecimiento vegetativo, diámetro en cm de raíces y largo en cm de raíces,
- Se evaluó el efecto del plan de fertilización frente a la fertilización tradicional de los agricultores, no encontrándose diferencia en las variables altura de planta y diámetro en cm de tallos.
- Se determinó la viabilidad económica del uso del plan de fertilización en el cultivo de yuca, los indicadores económicos más sobresalientes fueron: la ganancia encima de los costos variables para la parcela donde se utilizó el plan de fertilización fue de Q 47,764.98, superando a la parcela con fertilización tradicional que es de Q 13,995.84. La rentabilidad neta por medición de producción para la parcela donde se aplicó el plan de fertilización es de Q 1,084.55 por tonelada, superando a la parcela con fertilización tradicional que es de Q 630.42.

- Se realizaron las actividades de extensión rural en el municipio de Cuyotenango, siendo dirigidas principalmente a agricultores dedicados al cultivo de yuca, se organizaron dos grupos de agricultores donde participaron cinco y seis agricultores; les llamo la atención los rendimientos obtenidos en la parcela del plan de fertilización y las ganancias que se podrían obtener al apegarse a él.

5. RECOMENDACIONES

- Para la implementación del cultivo de yuca, se recomienda como pilar del sistema de producción trabajar en base a un plan de fertilización con la finalidad de que las plantas puedan expresar todo su potencial genético.
- Se debe realizar un análisis del suelo como herramienta fundamental para determinar los nutrientes deficientes en el suelo y proveerlos con el plan de fertilización.
- Es importante la implementación del plan debido a que los efectos no solo se ven reflejados en los indicadores de rendimiento sino también en los indicadores de crecimiento vegetativo, que son uno de los pilares importantes en la comercialización del producto ya que mejoran su presentación.
- Para realizar actividades de extensionismo posteriores es importante hacerlo con el seguimiento del cultivo hasta su cosecha, con la finalidad de que se obtenga un mayor impacto en los agricultores y así mismo para conocer la opinión de estos al momento del desarrollo del cultivo e ir aclarando dudas en el procedimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E. (2017). *Manual del cultivo de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, Costa Rica .
- Alzate, A. (2009). *Variabilidad genética y grado de adopción de la yuca (Manihot esculenta, Crantz) cultivada por pequeños agricultores de la Costa Atlántica Colombiana*. Trabajo de grado, Maestría en Ciencias Agrarias Área de Énfasis Fitomejoramiento, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.
- Azurdía, C. (2014). *Cultivos nativos de Guatemala y bioseguridad del uso de organismos vivos modificados, yuca (Manihot esculenta)*. Consejo Nacional de Áreas protegidas -CONAP-, Guatemala.
- Burgos, Á., & Ceñoz, P. (2012). *Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción de calidad de raíces de mandioca (Manihot esculenta Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical*. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina: Revista Científica UDO Agrícola.
- Ceballos, H. (2002). *La yuca en el tercer milenio*. Colombia.
- Cedeño, J., & Maldonado, M. (2003). *Comercialización de la yuca en snack al mercado Mexicano*. Tesis de Ingeniería en Comercio Exterior, Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias Económicas, Quito, Ecuador .
- FAO. (2013). *Ahorrar para crecer, la Yuca guía a la intensificación sostenible de su producción*. FAO.
- Fernández, R., Trapero, A., & Domínguez, J. (2010). *Experimentación en agricultura*. Junta de Andalucía, consejería de agricultura y pesca, Sevilla.
- Gómez, M. (2014). *Efectos del manejo del número de brotes y de la aplicación de ácidos húmicos sobre crecimiento y rendimiento en cultivo de yuca, Coatepeque*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Sede Regional de Coatepeque.
- Guerrero, R. (2000). *Propiedades generales de los fertilizantes sólido, manual técnico*. Trabajo de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

- INE. (2,003). *Cesnso Agropecuario*. Guatemala.
- MAGA. (2001). *Mapa fisiográfico-geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000 memoria técnica*. Guatemala.
- MAGA. (2006). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala año 2003*. Guatemala.
- MAGA. (2014). *Perfil Comercial de Yuca*. Guatemala.
- Mosquera, L. (2016). *Implementación de un proyecto prductivo de yuca (Manihot esculenta, Crantz) como estrategia de fortalecimiento del sector agropecuario en el corregimiento de playa de orotadó-chocó*. Informe final de grado, Ingeniería Agronómica, Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias, El Yopal.
- Munera, G., & Meza, D. (2012). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Trabajo de Grado, Tecnólogo Químico, Universidad Tecnológica Química, Facultad de Tecnología, Risaralda, Colombia.
- Nicaragua, K., Pavón, F., & Chavarría, E. (2004). *Guía MIP del cultivo de la yuca*. Managua.
- Peña , H. (2010). *Efecto de cuatro dosis de fósforo (P2O5) y dos fuentes de materia organica sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de Yuca 450 (Manihot esculenta Crantz, Euphorbiaceae), en la aldea de Talquezal, Jocotán, Chiquimula, Guatemala*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Campus San Luis Gonzaga, S.J., Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Zacapa.
- Pérez, J. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola*. Magister en Ciencias-Geomorfología y Suelos, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias, Medellín, Colombia.
- Pérez, R. (2013). *Evaluación de tres variedades y tres distanciamientos de siembra en el cultivo de yuca, Manihot esculenta (Geraniales; Euphobbiaceae) en el parcelamiento de Caballo Blanco del departamento de Retalhuleu*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Campus Quetzaltenango.
- Quiroga, A., & Bono, A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. Anguil, la Pampa, Argentina.

- Rodríguez, M., & Flórez, V. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos*. Ingeniero Agronomo, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, Y. (2017). *Implementación de un modelo productivo de yuca criolla (Manihot esculenta) como alternativas agrícolas*. Informe final de grado, Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias, El Yopal.
- Sanzano, A. (2000). El fósforo del suelo. *Química del suelo*.
- Segeplan. (2010). *Plan de Desarrollo Municipal de Cuyotenango: Segeplan*. Obtenido de Segeplan Web site: :www.segeplan.gob.gt
- Tirado, P. (2017). *Presencia de esporas de hongos micorrizico arbusculares en suelos del bosque alto andino, parque natural chicaque*. Trabajo de Grado, Ingeniera Forestal, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bogotá D.C Colombia.
- Torres, Y., & Oliva, F. (2013). *La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos*. Proyecto académico, Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C, Chapingo, México.
- Valdez, J., & Hernández, R. (2014). *Guía técnica para la producción de yuca*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Vistoso, E., & Sandaña, P. (2016). *Reacción de los fertilizantes fosfatados en el suelo*.

7. ANEXOS

Anexo A.

Presupuesto de la investigación de fertilización en el cultivo de yuca (Manihot esculenta, crantz) Cuyotenango, Suchitepéquez, 2018.

Conceptos	Unidad de Medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
A. Costos Directos				
(Variables)				
1. Insumos Agrícolas				
Material Vegetativo	Estacas	1000	Q0,10	Q100,00
Pita	Rollo	1	Q20,00	Q20,00
Fertilizante 20-20-0	Kilos	25	Q4,40	Q110,00
Superfosfato Triple	Kilos	21,74	Q6,60	Q143,48
Cloruro de Potasio	Kilos	28,64	Q4,40	Q126,02
Sulfato de amonio	Kilos	3,5	Q2,20	Q7,70
Urea	Kilos	36,84	Q3,30	Q121,56
Cal hidratada	Kilos	3,06	Q1,50	Q4,59
Cipermetrina	125 cm 3	1	Q20,00	Q20,00
Curyom	125 cm 3	1	Q50,00	Q50,00
Malathion	125 cm 3	1	Q40,00	Q40,00
Silvacur Combi	125 cm 3	1	Q50,00	Q50,00
Foraxil	125 cm 3	1	Q50,00	Q50,00
		Sub Total		Q843,35
2. Mano de obra				
Traza de unidad experimental	Jornal	2	Q75,00	Q150,00
Preparacion del suelo	Jornal	1	Q75,00	Q75,00
Aplicación de fertilizantes	Jornal	1	Q75,00	Q75,00
Limpia	Jornal	5	Q75,00	Q375,00
Aplicación de pesticidas	Jornal	5	Q75,00	Q375,00
Siembra	Jornal	2	Q75,00	Q150,00
Cosecha	Jornal	2	Q75,00	Q150,00
		Sub total		Q1.350,00
B. Costos fijos				
Arendamiento	435,76 m2	1	Q150,00	Q150,00
		Sub total		Q150,00
		Total		Q2.343,35

Anexo B.

Plan de fertilización en el cultivo de yuca (Manihot esculenta, crantz) Cuyotenango, Suchitepéquez, 2018.

			Kilogramos por hectarea					
			N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S
Requerimientos del cultivo según para una Tonelada			4,42	2,5	4,296	2,2576	1,148	0,42
Requerimientos del cultivo según para 40 Toneladas			176,8	100	171,84	90,304	45,92	16,8
Concentración en el suelo según análisis			Parametro	Bajo	Bajo	Alto	Normal	Normal
Porcentaje de aplicación según análisis y criterio del investigador.			100%	100%	100%	0%	50%	50%
Dosis a aplicar			176,80	100,00	171,84	0,00	22,96	8,40
Fertilizantes	Grado Fertilizante	Cantidad en Kilos						
Superfosfato Triple	0-46-0	217,39	100,00					
Cloruro de Potasio	0-0-60	286,4	171,84					
Sulfato de amonio	21-0-0 24 S	35	7,35	8,40				
Urea	46-0-0	368,37	169,45					
Cal hidratada	75 CaO	30,61						22,96
Sumatoria de nutrientes			176,80	100,00	171,84	0,00	22,96	8,40