



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES HÍBRIDOS
DE YUCA, BAJO CONDICIONES EDÁFICAS, EN LA FAE - UNI, 2021”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Evelin Anahy Rodríguez López

Br. Brenda Elizabeth Betanco Alfaro

Tutor

MSc. Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte.

Asesor

MSc. Ing. Victorino Antonio Blandón Castro.

Managua, Octubre 2021.

DEDICATORIA

A Dios

Por ser mi amigo, mi padre y darme la vida, sobre todo, ya que sin él nada de esto fuera posible, porque nunca me ha dejado sola, siempre ha estado ahí para mí, y me ha formado la persona que soy ahora, ya que ha puesto personas increíbles en mi vida.

A mis padres y hermanas

Ismael Rodríguez y Xiomara López por ser esos padres que han estado ahí para apoyarme incondicionalmente, me han dado todo su amor, dedicación. Y han sido ese motor que me permitió avanzar incluso en los momentos más difíciles. También a mis hermanas Nelyin y Jesling Rodríguez, por ser esas hermanas que me han brindado todo su apoyo, por escucharme y por ser parte esencial en mi vida.

A mis Amigos

Por todos aquellos que me han ayudado de forma directa o indirectamente a realizar este trabajo monográfico. Ya que me apoyaron dando su confianza, por escucharme siempre y por el amor brindado día a día.

Br. Evelin Anahy Rodriguez López.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme dado la vida y la oportunidad de culminar mis estudios universitarios, una de mis metas en mi vida, por su amor infinito que nunca me ha dejado sola, y por tener a personas a mi lado que me han ayudado a progresar y llegar al éxito.

A mi madre

Cándida Rosa Alfaro Méndez, por ser una mujer motivo de orgullo, te amo y no tendré manera de devolverte de tanto que me has ofrecido, mi mayor ejemplo a seguir, su amor incondicional y apoyarme constantemente y fuerzas forjadas que impulsaron a lograr el éxito en mi vida.

A mi hijo

Keyleb Ezequiel Doña Betanco, Gracias a mi hijo por entender que, durante el desarrollo de esta tesis, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a su lado para así poder completar mis estudios. Agradezco cada una de tus sonrisas y tus muestras de cariño hacia mí. Todos mis esfuerzos han valido la pena porque has estado a mi lado, estoy muy orgullosa de ser tu madre.

A toda mi familia

Que una o de otra forma han brindado su apoyo incondicional, sus oraciones sin restricciones han guardado mi vida, y han estado en esta etapa en donde me gozo con ellos por este triunfo.

Br. Brenda Elizabeth Betanco Alfaro.

AGRADECIMIENTO

A Dios

Agradezco infinitamente a Dios, ya que sin el todo esto no fuese sido posible, por darme su amor y salud principalmente, por darme lo necesario para seguir adelante día a día y así lograr todos mis objetivos.

A mis padres

Por ser los principales promotores de mi sueño, por confiar y creer en mí, por todos sus consejos que me han dado, ya que sin ellos no estaría aquí.

A mi tutora. MSc. Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte gracias por haber compartido de su tiempo, paciencia, por compartir de su conocimiento hacia a mí en todo este transcurso, y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje.

A mi asesor MSc. Ing. Victorino Blandón Castro agradezco por haberme guiado con su paciencia, y su rectitud como asesor, por darme de su tiempo para enseñarme sus valiosos conocimientos y ser una fuente de motivación.

A MSc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda y Ing. Francisco Guido por acompañarme desde el día uno y darme ánimo para seguir adelante. También por brindarme de su sabiduría y conocimiento.

A MSc. Ing. Guillermo Acevedo Ampié, gracias por su apoyo, su tiempo y por brindarme sus conocimientos para la finalización de este trabajo de tesis.

A Brenda Betanco, no puedo dejar de agradecerte especialmente a ti, por ser mi compañera fiel de tesis y ahora de corazón y gracias por tenerme paciencia.

Br. Evelin Anahy Rodríguez López.

AGRADECIMIENTO

A **Dios** mi padre celestial por la vida y fortaleza que ha permitido hasta el día de hoy, lograr culminar unas de mis metas, un éxito más en mi vida y a todas las personas que estuvieron pendiente de mi durante este recorrido arduo hasta lograr crecer como profesional.

A mi tutora **MSc. Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte**, por su tiempo, esfuerzos, apoyo en campo, así como el análisis de mi monografía con el fin de especializarme y lograr mi culminación de estudio.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (**INTA**), por abrirnos puertas y ser parte de esta investigación en conjunto con **MSc. Ing. Victorino Antonio Blandón Castro** por su enfoque, dedicación implementando sus conocimientos y compartiendo a la misma vez su tiempo para un resultado eficaz para elaboración de la monografía.

A **MSc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda e Ing. Francisco Guido**, por sus acompañamientos, apoyo en el transcurso del proyecto desde que inicio hasta su culminación y por sus conocimientos personales y profesionales.

A **MSc. Ing. Guillermo Acevedo**, gracias por su aporte en este proyecto de estudio y brindarme de sus conocimientos para la finalización de este trabajo de tesis.

A mi compañera de defensa **Evelin Anahy Rodríguez López**, por ser un triunfo de ambas, en un camino largo llegando a la meta con el mayor esfuerzo, alcanzando nuestro propósito profesional, poniendo de nuestro corazón y empeño.

Br. Brenda Elizabeth Betanco Alfaro.

RESUMEN

En Nicaragua la yuca es cultivada tradicionalmente por pequeños y grandes productores. Los principales departamentos de productores de yuca son: Nueva Guinea, Chinandega, León, Masaya, Granada y Rivas. La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se considera el cuarto producto básico más importante en la alimentación de los nicaragüenses.

Las dimensiones del área en estudio fueron de 18 m de largo por 6 m de ancho es decir una superficie de 90 m², para un área total del experimento de 324 m², el cual se realizó en la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), departamento de Masaya.

Se realizó el diseño experimental Bloque Completo al Azar (BCA), con tres repeticiones y tres tratamientos. Cada tratamiento estuvo conformado por 6 surcos de 5 m de longitud por 6 m de ancho. La distancia de siembra entre surco y planta fue de 1 x 1 m.

Esta evaluación se realizó con el propósito de evaluar las condiciones edáficas de tres híbridos de yuca, encontrando que el mejor híbrido con base a las variables de estudio fue el M Col 2694 obteniendo un rendimiento de 37, 181.82 kg.ha⁻¹.

Los tres híbridos de yuca obtuvieron un potencial adecuado de Materia seca y Almidón, ya que los resultados están sobre el promedio establecido siendo el híbrido M Col 2694 sobresaliendo a los demás híbridos con un %MS 40.44 y %Almidón 35.39. Al efectuar el análisis beneficio – costo en el estudio se presentaron valores positivos indicando que el híbrido M Col 2694 obtuvo una ganancia de C\$ 179,040.64 siendo el más rentable para el productor.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACION	4
IV. OBJETIVO GENERAL	6
4.1. Objetivo General.....	6
4.2. Objetivos Específicos	6
V. MARCO TEÓRICO	7
5.1. Generalidades	7
5.2. Clasificación Taxonómica.....	7
5.3. Características morfológicas	8
5.3.1. Tallo	8
5.3.2. Sistema Radical	8
5.3.3. Hojas	9
5.3.4. Flores.....	9
5.3.5. Fruto	10
5.3.6. La semilla	10
5.3.7. La raíz.....	10
5.3.8. Inflorescencia.....	11
5.4. Condiciones edafoclimáticas.....	11
5.4.1. Temperatura.....	11
5.4.2. Humedad.....	12
5.4.3. Precipitación.....	12
5.4.4. Agua.....	13
5.5. Suelos.....	13
5.6. Principales plagas y enfermedades de la yuca	14
5.7. Principales Malezas	15
5.7.1. Control de malezas	16
5.8. Método de siembra	17
5.8.1. Manual	17
5.8.2. Mecanizada	18

5.9.	Fertilización	18
5.10.	Variedades del cultivo de yuca.....	19
5.11.	Cosecha del cultivo de yuca	20
5.11.1.	Cosecha manual	21
5.11.2.	Cosecha mecanizada	21
5.12.	Rendimiento del cultivo de yuca	22
5.13.	Agroindustria de la yuca	22
5.13.1.	Harina de yuca	24
5.13.2.	El almidón de yuca.....	24
5.14.	Mejoramiento genético en el cultivo de yuca	24
5.15.	Análisis de varianza.....	25
5.15.1.	Medias repetidas en el tiempo.....	26
5.15.2.	Modelo aditivo lineal.....	26
5.16.	Costos de producción del cultivo de yuca	29
5.16.1.	Preparación del terreno	29
5.16.2.	Mano de obra.....	29
5.16.3.	Aplicación de agroquímicos.....	30
VI.	HIPÓTESIS	31
6.1.	Hipótesis de investigación (Hi):	31
6.2.	Hipótesis Nula (Ho):.....	31
6.3.	Hipótesis Alternativa (Ha):.....	31
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO	32
7.1.	Tipo de Investigación	32
7.1.1.	Según el enfoque de la investigación.....	32
7.1.2.	Según el alcance de los resultados.....	32
7.1.3.	Según el tiempo de ocurrencia.....	32
7.1.4.	Según el periodo en que se realizó el estudio	32
7.2.	Ubicación y área de Estudio.....	33
7.2.1.	Descripción de la zona de estudio.....	33
7.3.	Metodología para la selección del mejor híbrido de yuca en base a los componentes de rendimiento utilizando una correlación fenotípica.....	34
7.3.1.	Características de los tratamientos.....	35

7.4. Metodología para la estimación del potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.....	38
7.5. Metodología para efectuar un análisis beneficio – costo, basándose en la rentabilidad de los tres híbridos de yuca en estudio.	40
VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
8.1. Selección del mejor híbrido de yuca en base a componentes de rendimiento utilizando una correlación fenotípica.	41
8.2. Estimación del potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.....	51
8.3. Análisis beneficio – costo, basándose en la rentabilidad de los tres híbridos de yuca en estudio.....	52
8.3.1. Relación beneficio/costo de 1 ha	55
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
9.1 Conclusiones.....	57
9.2 Recomendaciones.....	59
X. BIBLIOGRAFÍA	60
XI. ANEXOS	i
10.1. Anexo 1. Modelo Aditivo Lineal.....	i
10.2. Anexo 2. Correlación fenotípica para las variables a medir	iii
10.3. Anexo 3. Estimación del potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.....	iv
10.4. Anexo 4. Distribución del experimento, conteniendo distanciamiento entre surco y planta.....	viii
10.5. Anexo 5. Cosecha de Yuca	ix

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Hojas del cultivo de Yuca.....	9
Figura 2. Raíz de la Yuca	10
Figura 3. Milpiés o diplopoda.....	14
Figura 4. Fertilización para el cultivo de Yuca	19
Figura 5. Variedades del cultivo de yuca	20
Figura 6. Cajas- Bigotes	27
Figura 7. Macro localización.....	33
Figura 8. Micro Localización	34
Figura 9. Plantas de Yuca	ix

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Malezas más frecuentes de la yuca.....	16
Tabla 2. Descripción de Madurez Fisiológica y procedencia de los Tratamientos. ...	35
Tabla 3. Medias de las variables para los tres híbridos en estudio.....	41
Tabla 4. Análisis de varianza (Pr (>F)) para las variables de interés agronómicos en tres híbridos de yuca.	42
Tabla 5. Separaciones de media para la variable número de raíces clase C (NRCC) en tres híbridos de yuca.....	43
Tabla 6. Separaciones de media para la variable Peso de raíces clase B (PRCB) en tres híbridos de yuca.	45
Tabla 7. Separaciones de media para las variables Rendimiento en tres híbridos de yuca.....	48
Tabla 8. Resumen de resultados agroindustriales % de Materia Seca (%Ms) y % de Almidón (%Al)	51
Tabla 9. Costos de producción de la Yuca para un área 1ha	53
Tabla 10. Relación beneficio/costo para un área de 1 ha	55
Tabla 11. Precios según el % Almidón en \$/ton.....	vii

I. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se considera el cuarto producto básico más importante en la alimentación de los nicaragüenses después del arroz, el frijol y el maíz, siendo su mayor consumo en las zonas rurales. A pesar de su importancia los productores no han sabido aprovechar las bondades del rubro, se encuentran atrasados en la innovación, tecnología y productividad.

En Nicaragua la yuca es cultivada tradicionalmente por pequeños y grandes productores. Los principales departamentos de productores de yuca son: Nueva Guinea, Chinandega, León, Masaya, Granada y Rivas (INIDE, 2001).

La yuca es una de las fuentes ricas de almidón del cual sus raíces contienen más de 30%. A nivel mundial la utilización del almidón se destina a fines industriales como papel, cartón, dextrinas, colas, textiles, resinas, maderas compuestas, productos farmacéuticos, edulcorantes, alcohol, entre otros. Estos productos, aunque representan un bajo porcentaje del uso de la producción mundial de yuca, son los que tienen mayor valor agregado en el mercado. También el almidón tiene un gran valor para la alimentación humana a como lo son los trozos deshidratados, copos, productos para refrigerios, mezclas para tortas, panaderías, tallarines, helados, son los que se intensificarán según el análisis de las nuevas tendencias (FIDA, 2000).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento productivo de tres híbridos de yuca (M Col 2694, SM 805-15 y CM 6119-5) procedente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Colombia, así mismo se seleccionará el mejor híbrido en base a los componentes de rendimiento utilizando correlación fenotípica mediante el método de Pearson, las cuales serán expresadas en un correlograma (Mapa de calor) para entender asociaciones y disociaciones entre las variables de interés, haciendo uso del programa R versión 4.0.3 (R, 2020) utilizando el interfaz del aplicativo RBio versión 140:18-08-2020

(Bhering, 2017). Al igual se estimará el potencial agroindustrial determinando el porcentaje de almidón y harina de los tres híbridos de yuca a través del método gravimétrico.

Para corroborar los datos estadísticamente se realizará un análisis de varianza y de acuerdo a su significancia, se efectuarán separaciones de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). También se analizará la rentabilidad económica (Krugman, 2009) que implica la posible adopción de las nuevas tecnologías en estudio.

II. ANTECEDENTES

INTA en el 2001 inicio con esfuerzos de investigación y transferencias de tecnologías con el objetivo de mejorar la explotación de yuca y hacer de este cultivo un rubro más atractivo para los productores y sus familias por sus características nutricionales de la raíz y sus precios relativos.

En el 2003 INTA, inicia la introducción y el establecimiento de bancos de germoplasma del cultivo de la yuca en las zonas de Nueva Guinea, Masaya y León, con el fin de identificar y ampliar la diversidad genética existente, caracterizar las variedades de mayor potencial e identificar los materiales tolerantes a las diferentes plagas de este cultivo.

En el año 2004 el INTA, registró el número del híbrido INTA Amarilla ó CM 6119-5 en el Banco de Germoplasma del CIAT, a través de la Corporación Clayuca, el cual fue especialmente mejorada y validada por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y puesta al servicio de los agricultores en el año 2015 como una variedad con alto contenido nutricional.

La FAO en el 2007 viene presentando maneras de mejorar las técnicas de producción y posproducción de la yuca y sus productos en las industrias rurales y que puedan promover tecnologías que les permitan producir y transformarla en condiciones más eficientes; estos productos de mayor calidad deberán ser cada vez más competitivos para un desarrollo agrícola industrial sostenibles.

En el año 2012, CNIAB-INTA realizó un estudio para determinar la variabilidad de 35 accesiones de yuca, colectadas en el territorio nicaragüense se incluyó como material de referencia 14 accesiones introducidas del centro internacional de agricultura internacional CIAT - Colombia y 3 introducidas de Brasil con el objetivo de identificar duplicidad seleccionando plantas con un alto rendimiento, tiempo de cocción, color de la pulpa y resistencia a las plagas.

III. JUSTIFICACION

La yuca es el cuarto cultivo más importante de Nicaragua, debido a que se utiliza para el consumo humano, elaboración de Almidón y Harina, también es utilizado como alimento para el consumo animal.

En el año 2020 la yuca registró una excelente cosecha con 4.6 millones de quintales. Esto asegura un buen abastecimiento en los mercados y bajos precios. Este crecimiento de la producción refleja el esfuerzo de las familias en el manejo del cultivo, ya que en menor área sembrada se obtuvieron mayores volúmenes de producción (Centeno, 2020).

Dada su importancia productiva y alimentaria el comercio de la yuca permite garantizar el ingreso al productor para su subsistencia, pero no logra dinamizar la economía local, además de solo comercializarla como un rubro de alimentación no considerando así todos los beneficios industriales y nutricionales que tiene el cultivo para obtener mayores ingresos.

Otro problema es la carencia del material de siembra y la baja calidad de la semilla disponible. Esto se debe, a que el material almacenado de la cosecha anterior u obtenidas de otras zonas, están expuestas a las diferentes enfermedades y agentes patógenos, ocasionando grandes pérdidas económicas en sus cosechas.

En este sentido el INTA en conjunto con la Universidad Nacional de Ingeniería se ven en la necesidad de buscar alternativas agroindustriales que beneficien al pequeño y mediano productor con la evaluación de estos materiales introducidos al país, mismos que fueron creados con las mejores características genéticas, con altas bondades nutricionales, de ciclo corto al convencional, adaptables fácilmente a condiciones edáficas del suelo, sin necesidad de riego teniendo así el potencial de producir plantas de calidad a escala comercial.

Esta evaluación se realizó con la finalidad de contribuir al comportamiento productivo de los tres híbridos de yuca en el que se seleccionará el híbrido que tenga mejor rendimiento, con bajos costos de producción y alto contenido nutricional, el experimento se llevará a cabo en la comunidad la bolsa, en la Finca Agrícola Experimental de la UNI (FAE).

IV. OBJETIVO GENERAL

4.1. Objetivo General

- Evaluar el comportamiento productivo de tres híbridos de yuca, bajo condiciones edáficas, en la FAE - UNI, 2021.

4.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar el mejor híbrido de yuca en base a los componentes de rendimiento utilizando una correlación fenotípica.
- Estimar el potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.
- Efectuar un análisis beneficio – costo que implica la adopción de nuevas tecnologías basándose en la rentabilidad de los tres híbridos de yuca en estudio.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta originaria de América del Sur y cultivada extensivamente, desde entonces, en zonas tropicales y subtropicales del continente, es un producto agrícola de vital importancia para la seguridad alimentaria de muchos países. Su importancia también radica porque es fuente económica de calorías, especialmente para las personas de pocos recursos económicos y es el componente básico de la dieta de más de 1000 millones de personas en el mundo (FAO, 2000).

5.2. 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. Es una planta diploide ($2N=36$ cromosomas). Únicamente *Manihot esculenta* tiene importancia económica y es cultivable (Mederos, 2011).

- **Nombre Científico:** *Manihot esculenta* Crantz
- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Euphorbiales
- **Familia:** Euphorbiaceae
- **Subfamilia:** Crotonoideae
- **Tribu:** Manihoteae
- **Género:** Manihot
- **Especie:** Manihot esculenta

5.3. Características morfológicas

La yuca es una planta semiperenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 m de altura. Se pueden agrupar los cultivares en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50-2,50 m) y altos más de 2,5 m (InfoAgro, 2006).

5.3.1. Tallo

El tallo puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Según la variedad, el tallo podrá tener ninguna, dos, tres o más ramificaciones primarias, siendo el de tres ramificaciones el mayoritario en la yuca. Las variedades de ramificación alta, es decir, a más de 100 cm, facilitan las labores de escarda. El grosor del tallo se mide a 20 cm del suelo y puede ser delgado (menos de 2 cm de diámetro), intermedio (2-4 cm) y grueso (más de 4 cm). Al carácter del grosor del tallo se le ha asociado el alto rendimiento en raíces de reserva. Los entrenudos pueden ser cortos (hasta 8 cm), medios (8-20 cm) y largos (más de 20 cm) (MAG, 2001).

5.3.2. Sistema Radical

Comprende a la corteza externa llamada también súber o corcho, corresponde un 0,5-2,0% del total de la raíz. La industria del almidón prefiere aquellas variedades de adherencia débil. La corteza media está formada por felodermis sin esclerénquima. Posee un contenido en almidón bajo y en principios cianogénicos alto. Constituye un 9-15% del total de la raíz (InfoAgro, 2006).

La corteza interna está constituida por parte del parénquima de la corteza primaria, floema primario y secundario. Por último, el cilindro central está formado básicamente por el xilema secundaria. La raíz reservante no tiene médula y pueden ser raíces de pulpa amarilla, crema y blanca. El rendimiento de raíces por planta suele ser de 1-3 kg, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta 5-10 kg/planta.

5.3.3. Hojas

Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo. La lámina foliar es palmeada y lobulada. Según el cultivo, las hojas maduras son de diferentes colores; morado, verde oscuro y verde clara, son los colores básicos.

El número de lóbulos, por lo general es impar, entre 3 y 9, varía según la variedad; puede variar también en hojas de una misma planta. Los lóbulos miden entre 4 a 20 cm de longitud y entre 1 a 6 cm de ancho. Los lóbulos centrales son de mayor tamaño que los laterales.

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 9 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.

Los pecíolos de las hojas varían entre 9 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 (Lebot, 2007).

5.3.4. Flores

Es una especie monoica por lo que la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores masculinas son más pequeñas (MAG, 2001).

Figura 1. Hojas del cultivo de Yuca.



Fuente: Propia.

5.3.5. Fruto

Después de la polinización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual toma entre 3 y 5 meses para completar su maduración. El fruto es una cápsula ovoidea de 1 a 1.5 cm de largo con 6 aristas longitudinales prominentes; éste contiene 3 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 (MAG, 2001).

5.3.6. 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, 6 mm de ancho y 4 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 (InfoAgro, 2006).

5.3.7. 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 5 a 10 cm de diámetro. La forma general de las raíces son características clonales y se clasifican en diferentes formas.

Figura 2. Raíz de la Yuca



Fuente: Propia

La planta de yuca presenta cuatro fases en su desarrollo:

- Brotación.
- Formación del sistema radicular.
- Desarrollo de tallos y hojas.
- Engrosamiento de raíces reservantes y acumulación de almidón en sus tejidos.

La secuencia que se presenta corresponde a un ciclo 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 (InfoAgro, 2006).

5.3.8. 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 a la cantidad de flores que producen. 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.

5.4. Condiciones edafoclimáticas

5.4.1. Temperatura

El crecimiento de la yuca a temperaturas fluctuantes es muy diferente al crecimiento bajo temperaturas constantes y en condiciones de campo, las diferencias en temperatura estacional están relacionadas con cambios sustanciales en fotoperiodos (Kumari, 2016).

Los rendimientos máximos se obtienen en un rango de temperatura entre 25-29° 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 (InfoAgro, 2006).

5.4.2. Humedad

La yuca es un cultivo que se adapta a diversas condiciones de humedad. Se le encuentra creciendo en zonas cuyas precipitaciones varían desde 750 a 1,500 mm. Ocasionalmente puede resistir fuertes sequías por tener la facultad de entrar en estado de latencia, utilizando las reservas de carbohidratos del tallo y raíces para formar hojas nuevas y continuar su crecimiento una vez que se restituye la humedad (Lardizabal, 2009).

5.4.3. Precipitación

La yuca es una planta con amplia adaptación tanto a zonas secas como húmedas, aunque prefiere lluvia abundante y bien distribuida. La precipitación óptima es de 750 mm a 2,000 mm. A pesar de que la planta puede resistir periodos secos, su desarrollo y rendimiento se ve afectado. En periodos prolongados de sequía se produce una disminución del follaje, se forman anillos leñosos en las raíces tuberosas y el rendimiento disminuye considerablemente mientras que en las zonas con exceso de precipitación se presentan pudriciones de las raíces (Lardizabal, 2009).

5.4.4. Agua

La yuca es un cultivo que se adapta a diversas condiciones de humedad. Se le encuentra creciendo en zonas cuyas precipitaciones varían desde 750 a 1,500 mm. Ocasionalmente puede resistir fuertes sequías por tener la facultad de entrar en estado de latencia, utilizando las reservas de carbohidratos del tallo y raíces para formar hojas nuevas y continuar su crecimiento una vez que se restituye la humedad (Ceballos, 2010).

5.5. Suelos

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. En Nicaragua se recomiendan los suelos franco-arenoso, franco-arcilloso, profundos, sueltos y bien drenados (Arroyo, 2003).

Tolera altos niveles de aluminio y manganeso, que son propios de los suelos tropicales y que resultan tóxicos para la mayoría de los vegetales. Aquellos suelos que tengan una capa impenetrable a una profundidad entre los 30 y 40 centímetros son aconsejables, pues, al impedir la profundización de las raíces, facilitan la cosecha (Cadavid, 2008).

La yuca se adapta tanto a suelos ácidos (con pH entre 5 y 5.5) como alcalinos (pH entre 8 y 9). La recolección de la yuca afloja el suelo y si éste permanece descubierto, las lluvias y vientos aceleran procesos de erosión y degradación. Existen métodos de siembra y recolección, así como prácticas de manejo post cosecha del suelo, que pueden evitar estos problemas (Bolívar, 2006).

5.6. Principales plagas y enfermedades de la yuca

La planta de yuca es afectada por varios patógenos. Algunos de ellos causan pudriciones internas o externas y otros ocasionan chancros corticales o epidérmicos. Ciertos patógenos invaden los tejidos leñosos del tallo sin que la planta muestre síntomas visibles de la afección (virus, micoplasma y añublo bacteriano de la yuca) (INTA, 2003).

Ciertos patógenos invaden los tejidos leñosos del tallo sin que la planta muestre síntomas visibles de la afección (virus, micoplasma y añublo bacteriano de la yuca). De acuerdo con la localización y presencia de los patógenos en el tallo de la yuca, estos se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Patógenos sistémicos
- Patógenos localizados
- Patógenos del suelo
- Patógenos sistémicos
- Los patógenos sistémicos se localizan en el sistema vascular o en la epidermis de la planta

Dentro de los métodos de prevención y control utilizados en estas enfermedades se recomienda, de forma preventiva, usar material de siembra sano y resistente obtenido de plantaciones sanas provenientes de cultivos de meristemas y por enraizamiento de cogollos o de brotes, rotación del cultivo con gramíneas como maíz o sorgo, sembrar en suelos sueltos, controlar las malezas, fertilizar adecuadamente; mejorar el drenaje del suelo y sembrar al final de periodos lluviosos.

Figura 3. Milpiés o diplopoda



Fuente: Propia

Dentro de las plagas más importante de la yuca se pueden mencionar:

- **El taladrador de tallos y ramas.** *Coelostermus* sp. Existen cinco especies de este género que ataca a la yuca. Las larvas hacen galerías que pueden llegar a los 13 mm. El mejor método de control es la rotación de cultivos y la utilización de material de propagación sano.
- **Gusano de la hoja.** *Erinnyis ello*, Lepidoptera. Es una plaga importante que ataca por toda América y acaba con las hojas de la yuca y otras plantas.
- **"Mosquinha dos mandiocais" o "Broca dos brotes":** *Lonchaea pendula*. Es una de las plagas que más afecta a América. La mosca coloca los huevos en los brotes, llegando a acabar con las hojas en desarrollo. Existen variedades con resistencia genética.
- **Ácaros.** Provoca decoloración y deformación de las hojas, llegando a la caída de las mismas. Desorganiza todo el proceso de crecimiento de la planta, provocando acortamiento de los nudos y la muerte en los extremos apicales, incluso en toda la planta. Se observa una mayor proliferación en la estación seca. Son enemigos naturales *Somatium* spp, *Karschomia* spp de *Tetranychus bimaculatus*.

5.7. Principales Malezas

Es importante realizar un adecuado control de malezas, que puede ser manual, químico o mixto. El periodo crítico de este cultivo son los primeros tres meses después de la siembra, sin embargo, se considera que, con un control de malezas mínimo, este cultivo puede sobrevivir, competir y producir buenos rendimientos, es necesario controlar las malezas hasta que la plantación tenga un follaje tupido (MAG, 2001).

Tabla 1. Malezas más frecuentes de la yuca

Nombre común	Nombre científico
Guarataro	<i>Eleusine indica</i>
Arrocillo	<i>Echinochloa sp.</i>
Coyolillo	<i>Cyperus rotundus</i>
Pira o bledo	<i>Amaranthus spp.</i>
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>
Flor amarilla	<i>Sclerocarpus spp</i>
Batatilla	<i>Ipomoea spp</i>

Fuente: FAO 2007

Las primeras tres del cuadro precedente, son de hoja larga, y junto al resto constituyen las malezas más comunes, al ser tolerantes a la sombra, humedad o sequía, y frecuentemente portadoras de plagas y enfermedades, lo cual obliga a su erradicación por cualquier método a mano.

5.7.1. Control de malezas

Después de la siembra es necesario realizar el control de malezas para evitar el crecimiento de las gramíneas y de las malezas de hoja ancha ya que la competencia de las malezas por luz, agua y nutrimentos durante los primeros 60 días en los cultivos de yuca, causa una reducción en los rendimientos de aproximadamente el 50 %. El control de malezas puede realizarse de forma manual, mecánica o química (Nicaragua, 2004).

- **El control manual:** se utiliza en plantaciones pequeñas y consiste en deshierbes con implementos manuales, se emplean entre 10-15 jornales por hectárea/día dependiendo del estado de las malezas; es necesario realizar varios deshierbes hasta cuando el cultivo cierre completamente e impida el desarrollo de las malezas por la reducción en la entrada de luz.

Este método es utilizado en plantaciones pequeñas cuando existe mano de obra disponible y a bajo costo.

- **El control mecánico:** consiste en la utilización de herramientas como cultivadoras rotativas o ganchos tiradas por animales o tractores que pasan entre las hileras y los caballones, este control se inicia cuando el cultivo tiene entre 15-30 días y hasta que el cultivo lo permita.
- **El control químico:** se realiza mediante el uso de herbicidas pre emergente que evitan el crecimiento de malezas por un período de 45-50 días. Si es necesario se puede aplicar un herbicida pos emergente para eliminar las malezas que escapan a la acción del pre emergente; esta práctica puede acompañarse por medio de deshierbes manuales. Sin embargo, para la correcta elección del herbicida es necesario reconocer las malezas predominantes antes de la preparación del suelo y saber cuáles malezas son controladas por los herbicidas disponibles.

5.8. Método de siembra

La siembra de las estacas de yuca puede realizarse de dos formas: Manual y Mecanizada (Nicaragua, 2004).

5.8.1. Manual

Este sistema es utilizado en siembras de pequeña extensión. Si el suelo para siembra tiene vegetación de tacotal, primeramente, se corta y quema la vegetación. Posteriormente se siembra al espeque. En suelos que se cultivan continuamente se chapean las malezas, se queman y se hace una mínima remoción del suelo antes de la siembra. Con frecuencia la remoción se hace con arado tirado por bueyes.

5.8.2. Mecanizada

Esta actividad se hace en suelos livianos y arenosos. En suelos pesados y con alta pluviosidad se recomienda la siembra en camellones. En cuanto a la colocación de la estaca, esta puede depositarse en tres posiciones: vertical, horizontal e inclinada.

- **Vertical:** Consiste en introducir la estaca en forma perpendicular a la superficie del suelo dejando dentro de la tierra por lo menos 4 yemas que garanticen un buen prendimiento. En esta posición las raíces tienden a formarse en el extremo inferior y se distribuyen en forma radial más o menos uniforme.
- **Horizontal:** En esta posición los esquejes quedan completamente cubiertos. Es la única posición que hasta el momento se ha podido utilizar en siembra mecanizada, aunque también puede utilizarse para siembra manual. Pero tanto en siembra mecanizada como manual, para utilizar éste sistema, hay que abrir un surco antes de colocar la estaca. En esta posición las raíces tienen a formarse generalmente en el extremo opuesto a la dirección de las yemas. Las estacas deben tener un largo de aproximadamente 15 cm.
- **Inclinadas:** Las estacas se introducen en el suelo formando un ángulo de aproximadamente 45° con la superficie del suelo. Se procura que queden por lo menos 2 ó 3 yemas fuera de él. En este caso las raíces siguen la dirección del ángulo de las estacas.

5.9. Fertilización

La yuca es un cultivo que extrae grandes cantidades de nutrientes, principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El orden de extracción de los nutrimentos es el siguiente: $K > N > Ca > Mg > P$.

En algunos casos, cuando los suelos son muy fértiles o no han sido utilizados en agricultura, los productores no ven la necesidad de fertilizar.

La tasa de absorción y acumulación de nutrientes es lenta durante los dos primeros meses y se incrementa a partir del segundo mes hasta los 4 o 5 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; 0,67 kg/ha de P; 3,58 kg/ha de K; 1,36 kg/ha de Ca; 0,82 kg/ha de Mg y 0,42 kg/ha de S, que corresponde a una extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas (Cadavid, 2011).

Figura 4. Fertilización para el cultivo de Yuca



Fuente: Propia

5.10. Variedades del cultivo de yuca

Es importante considerar, que el éxito de la producción de todo cultivo se inicia con la selección de la variedad, considerando el alto rendimiento, la tolerancia a plagas y la Fito sanidad de la semilla. En el siguiente cuadro se detallan algunas de las variedades cultivadas en Nicaragua con sus características.

Figura 5. Variedades del cultivo de yuca

Variedad	Características								
	Altura(m)	Hábito de ramificación	Forma de la raíz	Corteza de la raíz	Color brotes tiernos	Raíces/Plantas	Pase vegetativo(mese)	Tolerancia	Cosecha estimada (ton/Mz)
Dorada	1.83	No ramifica	Cónica Cilindric	Amarillo	Verde claro	7_10	10	Intermedias, Bacteriosis	22
Amarilla	2.8	Dicotómico	Cónica	Amarillo	Morado	7_14	10	Tolerante a cercospora, bacteriosis y antracnosis.	22.4
Perla	2.68	Dicotómico	Cilindrica	Rosado	Verde claro	8_10	6_8	Tolerante a cercospora, bacteriosis y antracnosis.	40
Reyna	2.24	No ramifica	Cónica Cilindrica	Marron oscuro	Verde	8_10	10_11	Resistente: bacteriosis y antracnosis.	5.23
Yuca masaya	2.4	Dicotomico	Irregular	Blanco	Verde	4_5	10_12	tolerancia intermedia bacteriosis.	12.24
Arbolito	2.94	Tricotomico	Cónica Cilindric	Rosado	Verde claro	4_13	10_11	Trips y acaros	27

Fuente: INTA

También en Nicaragua se siembran otras variedades como la Pochota, Ceiba, Valencia, Leonesa, Algodón y Campeona. Estas son utilizadas por los agricultores.

5.11. Cosecha del cultivo de yuca

La cosecha puede ser realizada de forma manual o mecanizada, dependiendo del tamaño de la plantación. En general, la cosecha de la yuca es más simple si se ha plantado el cultivo en caballones y más difícil si está en plano. Así mismo, la extracción de las raíces es más fácil en un suelo arenoso y suelto que en un suelo arcilloso o pesado. Esta conformación del cultivo se debe planificar antes de la siembra, sea esta manual o mecanizada, para de esta manera facilitar la cosecha (Ospina E. , 2003).

5.11.1. Cosecha manual

En la cosecha manual se consideran cuatro modalidades:

- **Con la mano:** en los suelos livianos o arenosos las raíces se pueden arrancar fácilmente con la mano.
- **Con palanca:** en los suelos cuya textura va de franca a arcillosa y que presenten problemas de compactación, se amarra el tallo con cadenas o cuerdas a un palo suficientemente largo, recto y firme para que sirva de palanca contra el suelo.
- **Con arrancador:** en esta técnica se sujeta el tallo mediante un implemento de enganche a modo de tenaza que va unido aproximadamente a 30 cm del extremo de un palo que se apoya en el suelo; el tallo se engancha por su parte inferior y se hace palanca hacia arriba.
- **Con cincha:** en los suelos de textura mediana, se usa una especie de correa que el agricultor se ata, dándole vuelta a su espalda, pasándolo sobre su hombro y amarrándolo luego al tallo. Las manos sirven de agarre y dan vibración al tallo y el cuerpo sirve de palanca.

5.11.2. Cosecha mecanizada

La cosecha de la yuca es una de las labores más difíciles de mecanizar, dadas las restricciones que provienen de la forma y distribución de las raíces en el suelo, la profundidad en que se encuentran, la presencia de los residuos de la recolección del follaje y de la semilla. La cosecha mecanizada de la yuca ofrece ventajas competitivas ya que esta implica una reducción en la mano de obra requerida, en los costos de producción, en el tiempo de recolección por unidad de área y en el costo final del producto. En consecuencia, se puede aumentar el área sembrada y justificar la inversión inicial en maquinaria agrícola.

Existen diferentes implementos que el agricultor han venido desarrollando partiendo del uso para remoción del suelo, como: zanjadoras, cinceles y arados de vertederas para facilitar la cosecha. Estos implementos trabajan a profundidades de 40 cm y son muy exigentes en potencia, los cuales son movidos por tractores de 100 HP en adelante (Ospina G. A.).

Según Briceño y Larzon existen cosechadora con una cuchilla levantadoras con 2 metros de ancho que trabaja sobre dos surcos acoplada a los tres puntos de enganche en el tractor, su fuerza arranque debe ser de 80 HP y tiene un rendimiento de 0.5 ha entre hora.

5.12. Rendimiento del cultivo de yuca

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), inició a partir del año 2001 esfuerzos de investigación y transferencia de tecnologías con el objetivo de mejorar la explotación de yuca y hacer de este cultivo, un rubro más atractivo para los productores y sus familias. Ya que se incrementan los rendimientos para exportación.

A nivel nacional se cultivan unas 16.7 miles de hectáreas que producen unas 228.4 miles de toneladas de las cuales se destinan 4.1 miles de toneladas para la industria nacional, 220 miles de toneladas para consumo fresco y 4.1 para la exportación. En el año 2020 la yuca registró una excelente cosecha con 4.6 millones de quintales, y esto asegura un buen abastecimiento en los mercados y bajos precios (INIDE, 2020).

5.13. Agroindustria de la yuca

La yuca es un producto utilizado tanto para la alimentación humana como animal, en forma fresca y procesada. Entre los productos procesados derivados de la yuca se destacan los siguientes:

Productos fritos; Productos deshidratados: Tradicionales; Hojuelas; Harina: para alimento animal, para industrias alimentarias: Panaderías, bases para sopas, carnes procesadas, pastas, bases de bebidas; Almidón: para consumo humano y para industria papelera, otros; Productos fermentados: raíces enteras almidón agrio; Harina; Productos congelados: trozos, puré; Productos empacados al vacío: trozos semi-cocidos y esterilizados; y Productos derivados del proceso industrial: corteza, fibra.

En Nicaragua se ha mantenido la producción de yuca para el consumo humano y pequeñas agro industrias (fábrica de almidón), utilizando prácticas tradicionales y variedades con bajos niveles de rendimientos. Este cultivo se concentra en las zonas de Masaya, León y Nueva Guinea. La yuca se comercializa fundamentalmente seca para la industria productora de alimentos balanceados y procesados como harina, almidón tapioca (fécula). A nivel nacional se cultivan unas 16.7 miles de hectáreas que producen unas 228.4 miles de toneladas de las cuales se destinan 4.1 miles de toneladas para la industria nacional (INTA, 2003).

En la zona pacífico sur de Nicaragua (según INTA), existen cinco industrias almidoneras que tienen una producción diaria de 10 qq. de almidón, durante los meses de mayo, junio, julio y agosto. Los mercados destino de este producto son los mercados locales y el mercado salvadoreño. Para la obtención de almidón, la empresa YUCASA, utiliza materia prima de Cofradía, León y Nandaime, y cuenta con maquinaria moderna. En el caso de las industrias pequeñas “comunidad Las Flores” el proceso de obtención del almidón es artesanal con molinos y secado al patio. En el departamento de León existe una planta procesadora de yuca, llamada COMAGRO la cual produce almidón y harina de yuca.

5.13.1. Harina de yuca

La raíz de yuca en harina, presenta un alto potencial de uso, ya que puede convertirse en una harina de alta calidad y puede utilizarse como sustituto parcial no solo de la harina de trigo, sino también de harinas de otros cereales.

Debido al poco desarrollo de la agroindustria de la yuca en Nicaragua, en la actualidad, la mayor parte del almidón que se demanda en el país (producto utilizado en la elaboración de pan, pasta, concentrados para ganado y cerdos, en la elaboración de alimentos para camarones; los conos para sorbetes) se importa de El Salvador, pese a que se cuenta con la maquinaria para la elaboración de este producto.

Los productos agroindustriales procedentes de la harina de yuca permiten incrementar su diversificación, a la vez que ofrecen a las personas que sufren de celiaquía (intolerantes al trigo) la opción de consumir productos inocuos y de calidad para su salud. Además, fortalece la buena salud y la nutrición del consumidor al contar con un alto contenido de fibra (Alvarado, 2009).

5.13.2. El almidón de yuca

Es reconocido como el almidón con mayor “sabor neutro” en el mundo; característica que le da un gran valor en la industria alimenticia ya que no afecta ni altera el sabor del alimento.

5.14. Mejoramiento genético en el cultivo de yuca

Genéticamente los híbridos son organismos heterocigotos por poseer genes para rasgos distintos, que pueden ser tanto recesivos como dominantes, heredados de sus progenitores. Cuando hay falta de genes dominantes entre sus alelos, se manifiestan en ellos los caracteres recesivos.

Un programa nacional debe seleccionar las líneas o híbridos del CIAT de acuerdo con su comportamiento en condiciones similares a las de Colombia. Tanto los híbridos como el material básico del banco de germoplasma se pueden introducir como plántulas in vitro (CIAT, 2000).

Los híbridos porta en gran medida a la satisfacción de las necesidades de los agricultores y consumidores, ya que son resistentes a plagas, puedan adaptarse a condiciones adversas, y puedan obtener un mejor rendimiento para obtener alimentos con mejor contenido nutricional, que beneficien al país y a su población (Pañaranda, 2009).

5.15. Análisis de varianza

El análisis de varianza, ANDEVA se utiliza para analizar resultados de experimentos en los que se han utilizado diseños como el Diseño Completamente al Azar (DCA), en experimentos factoriales con diseño DCA y en el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), el cual permite estimar y evaluar hipótesis acerca de las medias de las poblaciones. Sin embargo, es preciso recordar que las hipótesis a evaluar deben formularse antes de coleccionar los datos y no después. El plantear hipótesis después de coleccionar los datos puede invalidar la prueba estadística utilizada (Bustos, 2008).

Este análisis constituye la herramienta básica para el estudio del efecto de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles) sobre la media de una variable continua. Es por lo tanto este test estadístico emplea, cuando se desea comparar las medias de dos o más grupos. Esta técnica puede generalizarse también para estudiar los posibles efectos de los factores sobre la varianza de una variable (Gil Flores, 2003).

La hipótesis nula de la que parten los diferentes tipos de ANOVA es que la media de la variable estudiada es la misma en los diferentes grupos, en contraposición a la hipótesis alternativa de que al menos dos medias difieren de forma significativa. ANOVA permite comparar múltiples medias, pero lo hace mediante el estudio de las varianzas.

5.15.1. Medias repetidas en el tiempo.

Los modelos de análisis de varianza (ANOVA) con medias repetidas (MR) sirven para estudiar el efecto de uno o más factores cuando al menos uno de ellos es un factor intra sujetos, y se caracteriza por que todos los niveles del factor se aplican a los mismos sujetos (Maxima Formación, 2021).

5.15.2. Modelo aditivo lineal

Este modelo surge cuando la relación entre la predictora y la respuesta (en el caso de variables numéricas) no se puede escribir de forma lineal, sino más bien a través de una función desconocida (Morales, 2017).

➤ Coeficiente de correlación de Pearson

La correlación más utilizada es el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente es una estadística que se utiliza para reflejar el grado de correlación lineal entre dos variables (Alirio, 2018).

El coeficiente de correlación de Pearson tiene el objetivo de indicar cuán asociadas se encuentran dos variables entre sí por lo que:

- ✓ **Correlación menor a cero:** Si la correlación es menor a cero, significa que es negativa, es decir, que las variables se relacionan inversamente.

Cuando el valor de alguna variable es alto, el valor de la otra variable es bajo. Mientras más próximo se encuentre a -1, más clara será la covariación extrema. Si el coeficiente es igual a -1, nos referimos a una correlación negativa perfecta.

- ✓ **Correlación mayor a cero:** Si la correlación es igual a +1 significa que es positiva perfecta. En este caso significa que la correlación es positiva, es decir, que las variables se correlacionan directamente. Cuando el valor de una variable es alto, el valor de la otra también lo es, sucede lo mismo cuando son bajos. Si es cercano a +1, el coeficiente será la covariación.
- ✓ **Correlación igual a cero:** Cuando la correlación es igual a cero significa que no es posible determinar algún sentido de covariación. Sin embargo, no significa que no exista una relación no lineal entre las variables. Cuando las variables son independientes significa que estas se encuentran correlacionadas, pero esto no significa que el resultado sea verdadero.

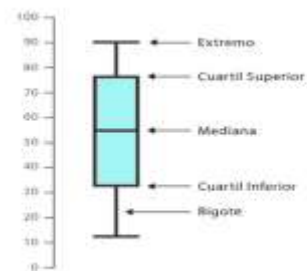
➤ Mapas de calor

Se utiliza para representar gráficamente los valores de la matriz con diferentes tonos de color para diferentes valores. Visualiza la matriz general con mucha claridad.

➤ Los diagramas de Caja-Bigotes

Los diagramas de Caja-Bigotes (boxplots o box and whiskers) son una presentación visual que describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría. Para su realización se representan los tres cuartiles, los valores mínimo y máximo de los datos, sobre un rectángulo, alineado horizontal o verticalmente (Navarro, 2008).

Figura 6. Cajas- Bigotes



Fuente: Catálogo de visualización de datos

➤ **Prueba de Tukey**

Nombrado después Juan Tukey, es una prueba estadística utilizada en ANOVA, se usa en experimentos que implican un número elevado de comparaciones. Permite comparar las medias de los niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA (Morales, 2017).

ANOVA se basa en la distribución del rango estudentizado que es la distribución que sigue la diferencia del máximo y del mínimo de las diferencias entre la media maestras y la media poblacional de t variables normales $N(0, 1)$ independientes e idénticamente distribuidas. Las diferencias que estén por encima de ese umbral se considerarán diferencias significativas, las que no lo estén se considerarán diferencias no significativas (Manfredo, 2014).

➤ **Significancia (ANOVA)**

Es la probabilidad de que una relación entre dos o más variables en un análisis no sea pura coincidencia, sino que en realidad sea causada por otro factor. En otras palabras, la significancia estadística es una forma de demostrar matemáticamente que puedes confiar en una estadística determinada. Este concepto estadístico está asociado a la verificación de una hipótesis. En pocas palabras, es la probabilidad de tomar la decisión, de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error de tipo I, o *falso positivo*). La decisión se toma a menudo utilizando el valor p : si el valor p es inferior al nivel de significación, entonces la hipótesis nula es rechazada. Cuanto menor sea el valor p , más significativo será el resultado.

El nivel de significación es comúnmente representado por el símbolo griego α (alfa). Son comunes los niveles de significación del 0.05, 0.01 y 0.001. Si un contraste de hipótesis proporciona un valor p inferior a α , la hipótesis nula es rechazada, siendo tal resultado denominado estadísticamente significativo. Cuanto

menor sea el nivel de significación, más fuerte será la evidencia de que un hecho no se debe a una mera coincidencia es decir al azar (Bakieva, 2002).

5.16. Costos de producción del cultivo de yuca

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto. Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso (por ej., los bienes vendidos en el mercado y el precio obtenido) y el costo de producción de los bienes vendidos (FAO, 2004).

Estos costos están definidos por las actividades que se realizan para la producción de yuca las cuales están ligada a obtener buenos resultados en la cosecha, y estas actividades son:

5.16.1. Preparación del terreno

Esta actividad se realiza con el pase de arado y grada para obtener un suelo suelto. Para este se necesita la maquinaria el cual se puede alquilar, al igual que la tierra en donde se realizará dicha producción, para esto se obtiene un costo de 3,000 C\$ para una hectárea.

5.16.2. Mano de obra

Con lleva el gasto de todos los obreros que trabajan en las diferentes actividades sean estas siembras, fertilización, riego, fumigación y en la cosecha. El arreglo entre el productor y el trabajador externo es informal donde el pago por su jornada redonda entre C\$ 100 y C\$150 por día, sin derecho a alimentación, a menos que el productor disponga de ello (FAO, 2004).

5.16.3. Aplicación de agroquímicos

Es el gasto de los insumos que se requieren para que la planta se desarrolle en óptimas condiciones, en todos los casos, es preferible hacer un análisis químico del suelo para evaluar la fertilidad. Los fertilizantes más usados en la zona son Tripe 15-15-15-0-0-3 con 3% de azufre, a la siembra del cultivo y Sulfato de Amonio para controlar las plagas, para los insecticidas se utilizan Vydate, Cipermetrina, estos agroquímicos sus precios redundan cerca de 7,000 C\$ para una hectárea (FAO, 2004).

VI. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis de investigación (Hi):

Hi: Los tres híbridos de yuca procedentes del CIAT-Colombia, presentan mejor comportamiento productivo bajo las condiciones edáficas de la FAE.

6.2. Hipótesis Nula (Ho):

Ho: Ninguno de los tres híbridos de yuca procedentes del CIAT-Colombia, presentan mejor comportamiento productivo bajo las condiciones edáficas de la FAE.

6.3. Hipótesis Alternativa (Ha):

Ha: Al menos uno de los tres híbridos presenta mejor comportamiento productivo bajo las condiciones edáficas de la FAE.

VII. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Tipo de Investigación

7.1.1. Según el enfoque de la investigación

El trabajo tuvo un enfoque mixto, ya que en este proceso se recolectó, analizó y se vinculó datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, para la evaluación del comportamiento productivo de tres híbridos de yuca, bajo condiciones edáficas de la Finca Agrícola Experimental.

7.1.2. Según el alcance de los resultados

La investigación fue de carácter experimental porque se realizaron registro y análisis de las variables de desarrollo, rendimiento, % almidón y % materia seca.

7.1.3. Según el tiempo de ocurrencia

La investigación fue prospectiva, dado que el análisis se ejecutó durante todo el ciclo vegetativo del cultivo de Yuca, desde la siembra hasta la cosecha.

7.1.4. Según el periodo en que se realizó el estudio

Se efectuó en un momento determinado del tiempo, la investigación fue de corte transversal, ya que se realizó en el periodo comprendido del mes abril del 2020 hasta febrero de 2021, desde el establecimiento del semillero hasta la cosecha.

7.2. Ubicación y área de Estudio

7.2.1. Descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó en la Finca Agrícola Experimental (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), ubicada en la comunidad Santa Clara en la comarca las Cortezas, en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, el cual se localiza entre las coordenadas geográficas: $86^{\circ} 8'$ y $86^{\circ} 1'$ longitud oeste; $13^{\circ} 7'$ y $13^{\circ} 29'$ latitud norte, a una altura entre 40 y 60 msnm; limita al Norte con la comarca “Los Veinticuatro”, al Sur con la comunidad “La Bolsa”, al Este con la comarca “San Guillermo” y al Oeste con la comunidad “Las Cortezas”, tiene una extensión de 48 mz aproximadamente. Su forma territorial es de un trapecio, con un área de 593 km².

Figura 7. Macro localización



Fuente: Propia

Figura 8. Micro Localización



Fuente: Propia

7.3. Metodología para la selección del mejor híbrido de yuca en base a los componentes de rendimiento utilizando una correlación fenotípica.

Para lograr el objetivo se realizó un diseño experimental el cual fue un Bloque Completo al Azar (BCA), con tres repeticiones y tres tratamientos. Cada tratamiento estuvo conformado por 6 surcos de 5 m de longitud por 6 m de ancho. La distancia de siembra entre surco fue de 1 x 1 m entre planta, para un total de 30 plantas por tratamiento.

Las dimensiones del área en estudio fueron de 18 m de largo por 6 m de ancho es decir una superficie de 90 m², para un área total del experimento de 18 x 18 m, es decir 324 m².

7.3.1. Características de los tratamientos

Los tratamientos a evaluar fueron tres híbridos de yuca procedentes del CIAT-Colombia (Centro de investigación de agrícola tropical), (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de Madurez Fisiológica y procedencia de los Tratamientos.

Madurez Fisiológica			
N°	Tratamientos	Meses	Procedencia
1	M Col 2694		
2	SM 805-15	9	CIAT – Colombia
3	CM 6119-5		

Fuente: INTA 2020.

A los híbridos provenientes del proyecto de mejoramiento de yuca de CIAT, se le conserva su identificación original, lo cual se basa en la asignación de un código compuesto de cuatros partes:

Tipo de cruzamiento+ registro del cruzamiento+ guion+ genotipos seleccionados.

Es necesario señalar que el código de un clon nunca cambia y, en caso de que desaparezca o muera, su código nunca será asignado a otro clon.

➤ **(CM 6119 - 5):**

El CM 6119 – 5 es un híbrido originado por el cruzamiento de una polinización controlada de una madre (M COL) y un padre (M AES, M COL) (primera generación filial) llamada policruzamiento (Ospina B. H., 2002, pág. 278).

➤ **M Col (2694):**

Según Chávez, Roca & Hershey (1987), mencionan que: el híbrido M col (2694), Es una Madre que se obtuvo de una semilla y esto se define como:

M + abreviación + población de semilla + genotípica seleccionado

Dónde:

- ✓ La letra M: corresponde a la inicial del género Manihot.
- ✓ Col: país origen, Colombia.
- ✓ 2694: Registró o código que representa el orden con la que se introdujo al CIAT.

➤ **SM (805 – 15):**

SM (805 -15), Es un híbrido que sus semillas vienen de una polinización abierta, estas letras van seguidas de números que representan un índice consecutivo el cual identifica una determinada parcela de policruzamientos (es decir, un mismo grupo de progenitores y la madre la cual se obtuvo la semilla). Va seguido de un guion y de un número que distingue los distintos individuos que componen la familia (Amaya, 1979).

7.3.2. Variables a medir:

➤ **Variables de Desarrollo**

✓ **Altura de la planta**

A los 9 meses después de la siembra se efectuó su medición haciendo uso de una regla graduada (cm). Se midió la altura de la planta desde la base del suelo hasta los puntos terminales de crecimiento de las yemas apicales.

✓ **Diámetro del tallo**

Se realizó la medición en el segundo entrenudo de cada planta seleccionada al azar antes de la cosecha, utilizando un vernier con unidad de medida en cm.

➤ Variables de Rendimiento

Cabe mencionar que con estas variables se dio a conocer y se seleccionó cuál de estos híbridos es el que tuvo mejor comportamiento productivo bajo las condiciones edáficas de la FAE, en la que se clasificaron las raíces según su diámetro y longitud basados en los parámetros estipulados ABC según Pereira (2012), los cuales se detallan a continuación:

- ✓ **Número de raíces clase A (kg. ha^{-1}):** Se definieron a todas aquellas raíces con longitud y diámetro comprendidas entre 20 a 50 cm y 3.5 a 6 cm, relativamente rectas sin daños mecánicos para producción comercial. Esto se realizó en el momento de la cosecha.
- ✓ **Número de raíces clase B (kg. ha^{-1}):** Son aquellas raíces con longitud y diámetro comprendidos entre $< 20 - > 50$ cm y 6,1 - 8,0 cm respectivamente. La cual estarán evaluando al momento de la cosecha.
- ✓ **Número de raíces clase C (kg. ha^{-1}):** Son todas aquellas que se presentan con una longitud y diámetro de $< 12\text{cm}$ y $> 8,0\text{cm}$. Esto se realizó en el momento de la cosecha.
- ✓ **Número de raíces totales (kg. ha^{-1}):** Se obtuvo a partir de la sumatoria del número de raíces clase A, B y C. Esta medición se realizó a los 9 meses después de la siembra (PEREIRA, 2012).
- ✓ **Peso de raíces clase A (kg. ha^{-1}):** Una vez seleccionadas las raíces **A**, se tomó el peso con la ayuda de una balanza mecánica colgante (tipo reloj) y se registró en una tabla de campo para luego ser analizada.

- ✓ **Peso de raíces clase B (kg. ha⁻¹):** Una vez seleccionadas las raíces **B**, se tomó el peso con la ayuda de una balanza mecánica colgante (tipo reloj) y se registró en una tabla de campo para luego ser analizada.

- ✓ **Peso de raíces clase C (kg. ha⁻¹):** Una vez seleccionadas las raíces **C**, se tomó el peso con la ayuda de una balanza mecánica colgante (tipo reloj) y se registró en una tabla de campo para luego ser analizada.

- ✓ **Peso de raíces totales (kg. ha⁻¹):** Es la sumatoria de todas las raíces clase A, B, C, ya pesadas con la ayuda de una balanza mecánica colgante (tipo reloj) y se registró en una tabla de campo para luego ser analizada (UNA, 2006).

7.4. Metodología para la estimación del potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.

Para alcanzar este objetivo se determinaron las variables % de Almidón y % Harina, se procedió a pesar una muestra de 10 libras de cada tratamiento en el aire y luego se pesó en agua para obtener una gravedad específica y en base a su correlación estandarizada, se obtuvieron los contenidos de materia seca y almidón en raíces de yuca fresca.

Para llevar a cabo estas variables, se utilizó el método gravimétrico el cual consistió en determinar la gravedad específica (Toro C. , 1983) empleando la siguiente formula:

➤ **Gravedad específica:**

$$GE = \frac{PFRAI}{PFRAI - PFRAG}$$

Dónde:

- GE: gravedad específica.
- PFRAI: peso fresco de raíces en el aire.
- PFRAG: peso fresco de raíces en el agua.

Para la determinación de la Materia Seca se utilizó el valor obtenido de la gravedad específica multiplicado y restado por un modelo matemático establecido. Este modelo nos permite reducir el error y precisar con mayor confiabilidad el porcentaje de materia seca.

➤ **%Materia Seca:**

$$\%MS = (GE * 158,26) - 142.05$$

Una vez determinada la MS, se procedió a calcular el contenido de almidón (AL) en raíces frescas de yuca, esta constituye alrededor del 85-90 por ciento de contenido de MS (Aristizába, 2007).

El contenido de almidón se estimó por la siguiente fórmula:

➤ **%Almidón:**

$$\%AL = \%MS * 0.875$$

Dónde;

%AL: Porcentaje de Almidón de la yuca.

%MS: Porcentaje de Materia seca.

0.875: Rango promedio de 85-90%.

7.5. Metodología para efectuar un análisis beneficio – costo, basándose en la rentabilidad de los tres híbrido de yuca en estudio.

Se determinaron los costos de producción basados en los estándares de precios internos de insumos e implementos cotizados en las empresas proveedoras y se llevó a cabo un registro exhaustivo de todos los gastos a los que se incurrió en la producción del cultivo, de los que se pueden mencionar la preparación de suelo, siembra, control de maleza, plagas, fertilización y cosecha.

El costo de mano de obra de preparación de suelo que se tomó para este estudio, estuvo de acuerdo a salarios establecidos según tabla salarial vigente conforme leyes laborales (MITRAB, 2020).

Las utilidades proyectadas para una hectárea se obtuvieron introduciendo los gastos en una matriz de manera específica para cada una de las actividades y los ingresos de la variedad de la cual se tenga el mayor rendimiento.

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el cálculo de las medias se utilizó una base de datos tomadas en campo a la hora de la cosecha, las cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Medias de las variables para los tres híbridos en estudio.

Híbridos	Trat	Alt/plt	Diamt/plt	N°RCA	N°RCB	N°RCC	NRT	PRCA	PRCB	PRCC	PRT
CM 6119-5	1	2.39	2.75	0	1.10	14.40	15.5	0	3.4	4.91	8.31
	2	2.14	2.90	0	3.30	10.70	14.0	0	5	2.9	7.9
	3	2.02	2.98	0.1	1.90	7.30	9.3	0.1	2.53	4.78	7.41
SM 805- 15	1	2.35	2.81	0	2.50	14.60	17.1	0	3.25	4.53	7.78
	2	2.07	3.13	0.2	2.40	7.00	9.6	0.27	4.59	3.66	8.52
	3	2.23	3.44	0	2.60	10.10	12.7	0	3.63	2.93	6.56
M Col 2694	1	2.04	2.82	0.1	1.80	12.10	14.0	0.1	2.26	3.65	6.01
	2	1.99	3.18	0	3.70	6.70	10.4	0	5.51	2.61	8.12
	3	2.06	2.92	0	2.40	7.20	9.6	0	3.71	3.15	6.86

Fuente: Propia

8.1. Selección del mejor híbrido de yuca en base a componentes de rendimiento utilizando una correlación fenotípica.

Para la selección del mejor híbrido se efectuó el análisis de los datos estadísticamente a través de un análisis de varianza, en el cual se analizaron en cuenta todas las variables para conocer cual tuvo más significancia.

Tabla 4. Análisis de varianza (Pr (>F)) para las variables de interés agronómicos en tres híbridos de yuca.

Fuentes de Variación	AltPta	DiámPta	NRCA	NRCB	NRCC	NRT	PRCA	PRCB	PRCC	PRT
Repetición	0.21	0.29	0.37	0.61	0.32	0.33	0.36	0.93	0.26	0.34
Híbridos	0.19	0.14	0.84	0.14	0.02*	0.08	0.72	0.04*	0.16	0.36
Media						1245		17111		34025.2
General	2.14	2.99	444	24111	100111	55	237.37	.11	16727.27	5
CV	5.27	5.64	175.89	26.75	16.55	16.66	185.43	18.76	18.11	12.68
R ²	0.36	0.46	0.05	0.56	0.76	0.59	0.09	0.78	0.42	0.28

Fuente: Propia.

Significancia de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 ' 0.1 ' ' 1 Interpretación: p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5% AltPta (Altura de la planta), DiámPta (Diámetro de la planta), NRCA (Número de raíces clases A), NRCB (Número de raíces clases B), NRCC (Número de raíces clases C), NRT (Número de raíces totales), PRCA (Peso de raíces clase A), PRCB (Peso de raíces clase B), PRCC (Peso de raíces clase C) y PRT (Peso de raíces totales).

De acuerdo a los resultados del ANOVA, indica que su p-valor es mayor a 0.05 en las variables: altura, diámetro, N°RCA, N°RCB, N°RT, PRCA, PRCC, RTO, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que ninguno de los tres híbridos de yuca procedentes del CIAT-Colombia, presentan mejor comportamiento productivo bajo las condiciones edáficas de la FAE y se concluye que las medias de los efectos son iguales y que no hubo significancia para estas variables.

Los híbridos M Col 2694 y CM 6119-5 representaron un 0.1% de raíces de clase A, y el híbrido SM 805-15 representó un 0.2% de esta clase, por lo cual esta variable no tuvo significancia al realizar el análisis de varianza, ya que sus valores fueron mínimos a las otras clases de raíces B y C.

El análisis de varianza obtenido, muestra diferencias significativas únicamente para las variables “número de raíces clase C” y “peso de raíces clase B”. En cambio, sugiere que para el resto de variables sus varianzas son iguales y por ende se rechaza la hipótesis nula.

➤ **Número de raíces clases C**

Para corroborar estos datos en la tabla 3 se presenta la separación de medias por el test de Tukey al ($\alpha=0.05$), el cual fue estudiado mediante un modelo aditivo lineal para la variable Número de raíces clases C (N°RCC), en la que se determinó un efecto significativo, ya que los híbridos mantuvieron un comportamiento diferente.

Tabla 5. Separaciones de media para la variable número de raíces clase C (NRCC) en tres híbridos de yuca.

Híbridos	NRCC
CM 6119-5	137,000a
SM 805-15	82,000b
MCOL 2694	81,333.33b
Media General	100,111.1

Fuente: Propia

Dávila y Sandoval (2006), según estudios de la evaluación de dieciocho genotipos de yuca indican que:

La planta de yuca es tolerante al ataque de enfermedades y que pueden causarle la reducción del número de raíces. Existe una apreciable cantidad de raíces muy pequeñas que la mayoría de los productores las dejan abandonadas en el campo. Estas raíces que podrían representar entre un 3-5% del rendimiento total, podrían ser utilizadas para preparar alimentos balanceados para los animales domésticos de familias de escasos recursos de las zonas rurales.

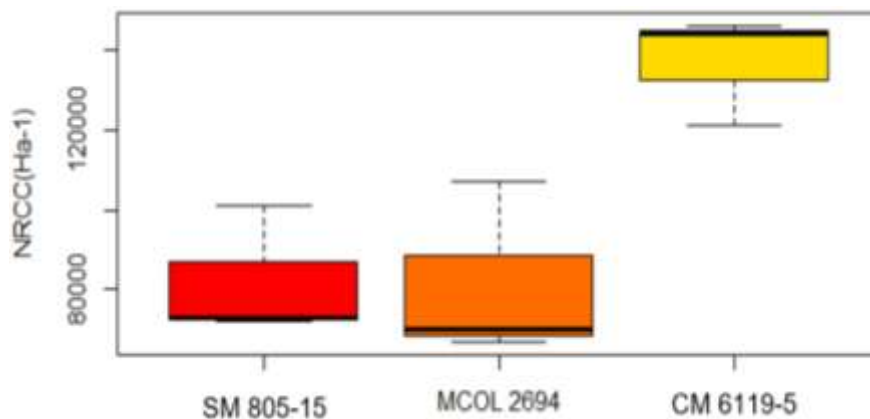
Al igual que los otros cultivos, la yuca está sujeta a la competencia de las malezas por luz y agua. Se ha demostrado en cultivos anuales que la época crítica de competencia ocurre en las primeras semanas de su desarrollo según (Chavarría 2003), Si se mantienen los cultivos libres de malezas durante este periodo, se obtienen rendimientos máximos. Lo que se demuestra en este experimento dado que durante el ciclo del cultivo de yuca hubo presencia de malezas en los primeros meses que causaron que el cultivo entrara en competencias de nutrientes, lo que ocasionaran números de raíces de clase C, destinadas a la agroindustria y alimentación animal.

Las separaciones de medias efectuado por Tukey ($\alpha=0.05$), confirma que existen dos agrupaciones (a y b), según valores medios de cada uno de los híbridos evaluados. A este respecto, el híbrido CM 6119-5, expresó mayor cantidad de raíces clase C, al ser comparado con SM 805-15 y MCOL 2694, caracterizados por presentar el menor número de raíces clase C (Tabla 4).

➤ **Diagrama de caja y bigotes para la variable NRCC**

Mediante el diagrama de caja y bigotes se representa la distribución de los tres híbridos con respecto a sus medias, mediante el estudio de ANOVA.

Gráfico 1. Caja y bigotes para la variable NRCC



Fuente: Propia.

Los principales órganos de almacenamiento en yuca son las raíces. Bajo el suelo se pueden encontrar raíces fibrosas y es hasta después de los 6 meses que se pueden apreciar que algunas raíces fibrosas engrosan para convertirse en las raíces reservantes, almacenando gránulos de almidón en el parénquima de la xilema. El número de raíces que eventualmente engrosarán se determina en los primeros 3 meses y este es el resultado del exceso acumulamiento de carbohidratos en la parte aérea de la planta (Duarte, 2008).

En el gráfico 1 se muestra las puntuaciones de las medias de sus tres materiales genéticos de los cuales el híbrido que presentó mayores valores por encima del promedio fue la CM 6119-5 con un valor de 146,000 kg.ha⁻¹, en cambio los híbridos M Col 2694 y SM 805-15 sus valores mínimo están por debajo de la media.

➤ **Peso de raíces clase B**

Para el PRCB se realizó un estudio de separación de medias por el test de tukey al ($\alpha=0.05$), el cual fue estudiado mediante un modelo aditivo lineal, para esta variable, y se detalla que si hubo significancia.

Tabla 6. Separaciones de media para la variable Peso de raíces clase B (PRCB) en tres híbridos de yuca.

Híbridos	PRCB
CM 6119-5	13,500b
SM 805-15	14,954.55ab
M COL 2694	22,878.79a
Media General	17,111.11

Fuente: Propia.

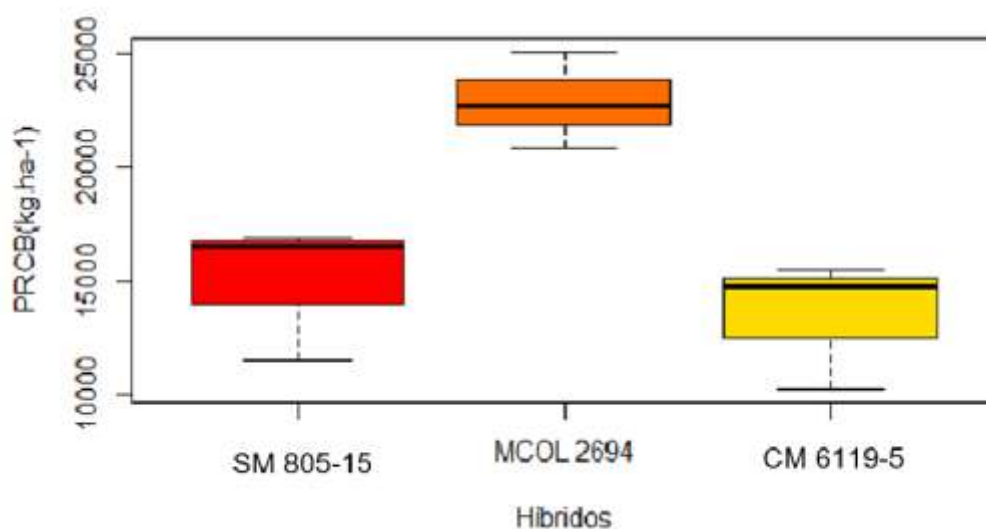
Las raíces de yuca deben tener un peso entre 300 y 900 gramos (NCR 1989). Las raíces que no poseen la longitud, diámetro y peso según las normas de exportación son destinadas al mercado local (Duarte, 2008).

Las separaciones de medias efectuado por Tukey ($\alpha=0.05$), confirma que existen tres agrupaciones según valores medios de cada uno de los híbridos evaluados. A este respecto, el híbrido M Col 2694, expresó mayor peso de raíces clase B, al ser comparado con SM 805-15 y CM 6119-5, caracterizados por presentar el menor peso de raíces clase B (Tabla 5).

➤ **Diagrama de caja y bigotes para la variable PRCB.**

En él gráfico 2 se muestra la distribución de los híbridos con relación a sus medias.

Gráfico 2. Caja y bigotes para la variable PRCB



Fuente: Propia

Además del rendimiento, las variedades juegan un papel importante a la hora de cultivarla y comercializarla, su potencial dependerá de las zonas de cultivo y de cambios climáticos que posee la región ya que esto permitirá una mejor producción (Castro, 2016).

En el gráfico 2 se presenta la variable peso de raíces clase B (PRCB), por medio de una caja de bigotes en donde se comparan los tres híbridos de yuca establecido CM 6119-5, M Col 2694 y SM 805-15. En lo correspondiente al híbrido M Col 2694 se muestra la distribución de valores positivos dado que los datos se encuentran por encima de la media, para el híbrido CM 6119-5 su valor es negativo debido a que la repartición de datos se encuentra por debajo de la media.

En el gráfico no muestra (como es propio de la representación de la caja de bigotes), cuanto hay en cada tramo de las respectivas cajas. Pero si se puede observar que el mejor híbrido para esta variable fue la M Col 2694 con un valor máximo de 25,045.45 kg.ha⁻¹, esto se debe a que es un híbrido comercial y satisface a las necesidades productivas, en el cual se adapta a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

➤ **Rendimiento**

Según datos del INIDE 2016 se pueden observar las zonas productoras de yuca en Nicaragua, donde Masaya representa aproximadamente el 7% de la producción y la Comunidad Las Flores - Masaya representa el 4%. Los rendimientos por hectárea redundan cerca de los 13,000 kg. ha⁻¹ y 15,000 kg. ha⁻¹ cuando lo correcto sería alcanzar hasta 30,000 kg. ha⁻¹, esto debido a que las prácticas agrícolas que se implementan no son las ideales para llevar a cabo el proceso de producción y por ende los bajos rendimientos.

Para la variable de Rendimiento se realizó un estudio de separación de medias por el test de Tukey al ($\alpha=0.05$), el cual fue estudiado mediante un modelo aditivo lineal, a como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 7. Separaciones de media para las variables Rendimiento en tres híbridos de yuca.

Tukey Rendimiento

Híbridos	Rendimiento
SM 802-15	33,333.33
M COL 2694	37,181.82
CM 6119-5	31,560.61
Media General	34,025.25

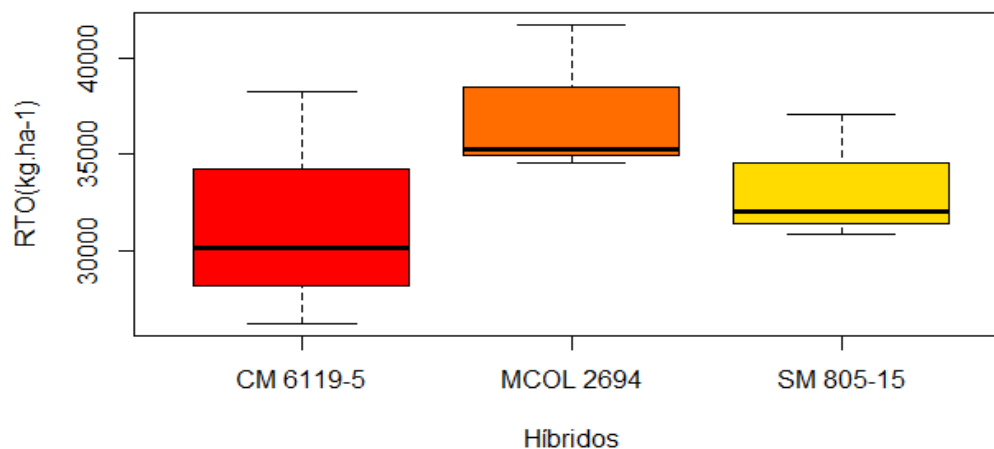
Fuente: Propia

Según en este análisis realizado para el rendimiento, no se encontró diferencia estadística significativa al ($\alpha = 0.05$). En este estudio se presentó que para los tres híbridos indican que los rendimientos se encuentran por encima de los datos registrados en estudios anteriores.

➤ **Diagrama de caja y bigotes para la variable Rendimiento.**

En él gráfico 3 se muestra la distribución de los tres híbridos con relación a sus rendimientos.

Gráfico 3. Caja y bigotes para la variable Rendimiento.



Fuente: Propia

La densidad de siembra y los rendimientos óptimos fluctúan de un país a otro e incluso dentro de un mismo país y zona agroecológica. El hábito de crecimiento de la planta, su morfología y condiciones ambientales influyen. El rendimiento de las raíces por planta es normalmente entre 3 y 5 kg, pero existen algunos cultivares que aplicando una buena tecnología llega a producir hasta 10 kg (Montaldo, 1991).

Además del rendimiento, las variedades juegan un papel importante a la hora de cultivarla y comercializarla, su potencial dependerá de las zonas de cultivo y de cambios climáticos que posee la región ya que esto permitirá una mejor producción.

En el gráfico 3 se muestra la distribución de los tres híbridos, en el cual indica que el híbrido M Col 2694 fue el que produjo mayor rendimiento la cual obtuvo los valores máximos en comparación a los otros, y su valor mínimo está por encima de la media con un valor de 34,025.25 kg. ha⁻¹, catalogándolo como el mejor híbrido.

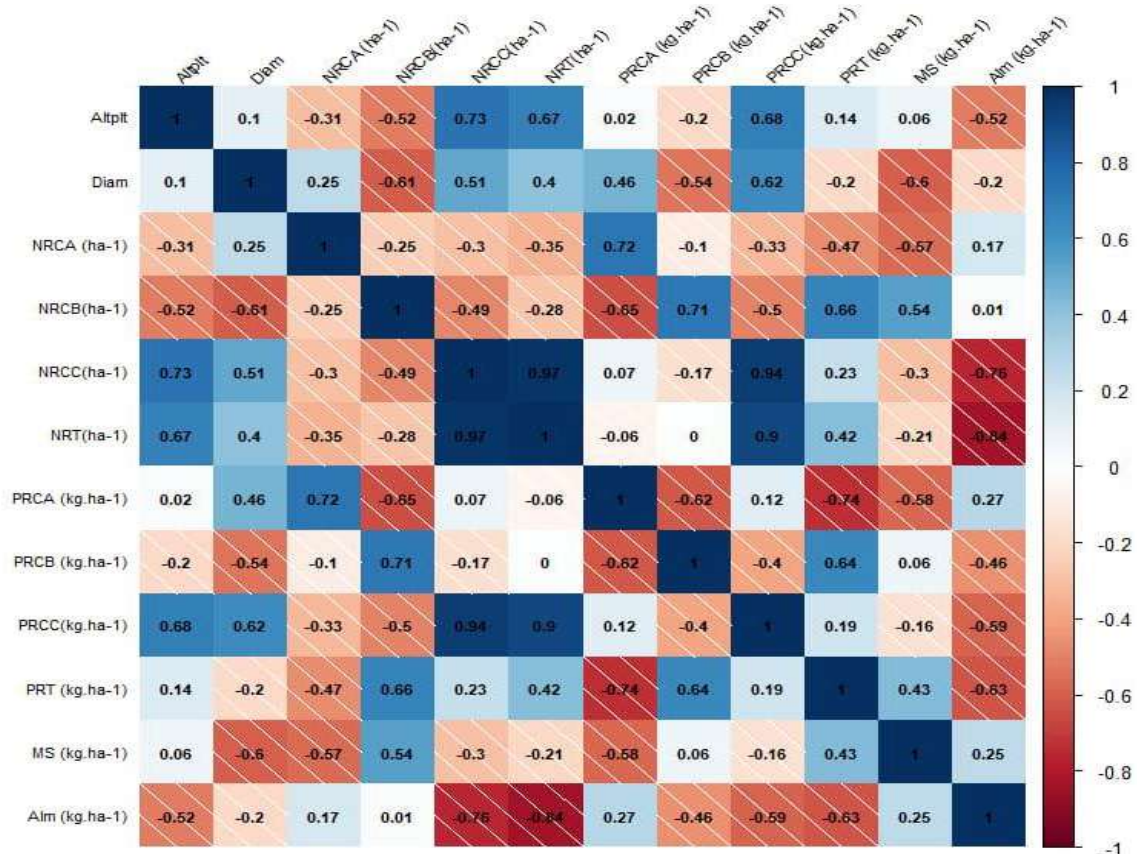
➤ **Correlación fenotípica**

Para concluir este objetivo sobre la obtención del mejor híbrido se realizó una correlación fenotípica, el cual se tomaron en cuenta todas las variables y se utilizó el programa R, donde se obtuvo un correlograma.

El análisis de correlación es una herramienta estadística que mide el grado de asociación entre dos caracteres bajo una condición experimental dada, su descomposición es dependiente del conjunto de caracteres estudiados las cuales normalmente son evaluadas por el conocimiento previo del investigador, con base en su importancia y las posibles interrelaciones expresadas anteriormente (Mackay, 2012).

Estos coeficientes de correlación fenotípica están registrados mediante un mapa de calor, los cuales fueron en términos generales, de mayor a menor magnitud, representados mediante colores.

Gráfico 4. Mapa de calor



Fuente: Propia

En el gráfico 4 se muestran los resultados del análisis de correlaciones fenotípicas presentados en un mapa de calor en el cual se pudo observar que se mostraron correlaciones positivas y negativas entre las variables en experimento. Según el análisis existe una correlación fenotípica positiva entre las variables:

El Número de raíces clase B (NRCB) con un valor de 0.66 y Peso de raíces clase B (PRCB) con un valor de 0.64, para el híbrido M Col 2694, es decir que estas variables aportaron para obtener un buen rendimiento.

Para el caso de las variables NRCA y PRCA mostraron una correlación negativa con valores de -0.74 y -0.47 respectivamente lo que significa que no hubo aporte de estas variables con respecto al Rendimiento.

Los rangos mayores a 1, puede ser explicado por dos situaciones. La primera se puede asumir como una correlación perfecta, o la segunda es que, al revisar las varianzas de cada una de las variables involucradas en el análisis de correlación, si una de ellas presenta diferencias o una varianza significativa y la otra no, esta correlación debe desecharse dado que la correlación mide el grado de covariación entre dos variables (Mayo, 1980).

8.2. Estimación del potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.

En la tabla 8 se muestra los datos obtenidos del método gravimétrico en el cual se partió del cálculo de la gravedad específica para así determinar los % de Materia seca (%MS) y % Almidón (%Alm).

Tabla 8. Resumen de resultados agroindustriales % de Materia Seca (%Ms) y % de Almidón (%Al)

Híbridos	%Materia seca	Kg*Híbridos	kg.ha ⁻¹	%Almidón	Kg*Híbridos	Kg.ha ⁻¹
M Col 2694	40.44	121.33	15037.30	35.39	106.16	11795.77
SM 805 -15	35.74	119.59	13287.84	31.27	104.64	11626.86
CM 6119-5	35.56	101.01	11223.50	31.12	88.39	9820.56

Fuente: Propia.

Entre los 12-24 meses del ciclo del cultivo, es el periodo óptimo para la recolección de la yuca cuando su destino es la agroindustria del almidón y alcanza el máximo rendimiento de las raíces, por ello, estas variedades son generalmente utilizadas para procesos agroindustriales, como materia prima producida para alimentos balanceados en animales.

Comúnmente el contenido de Materia seca de las diferentes variedades de yuca es de 20 % a 40 % o un poco más y el de almidón de un promedio de 35 % (CIAT, Julian A. Buitrago A., 1990).

El valor agregado de los productos perecederos agrícolas como es el caso de la yuca, que es una raíz que cuenta con algunas variedades que tienen potencial para la agroindustria, se ha convertido en una forma importante de reducir las pérdidas pos cosecha de estos. Por lo tanto, se puede afirmar que % de materia seca y % almidón de yuca, ofrece con su resultado la visión y la necesidad de articular la producción con cadenas agroindustriales (INTA, 2016).

Para el caso de los híbridos bajo estudio se logró encontrar que para M Col 2694 obtuvo 40.44% de Materia seca equivalente a 15,037.30 kg.ha⁻¹ y 35.39 % de Almidón equivalente a 11,795.77 kg.ha⁻¹, para SM 805-15 se obtuvo un 35.74 % de Materia seca equivalente a 13,287.84 kg.ha⁻¹ y 31.27 % de Almidón equivalente a 11,626.86 kg.ha⁻¹ y para CM 6169-5 se obtuvo un 35.56 % de Materia Seca equivalente a 11,223.50 kg.ha⁻¹ y 31.12 % de Almidón equivalente a 9,820.56 kg.ha⁻¹, lo cual coincide con lo mencionado en los estudios anteriores, según (Aguilar Brenes, 2016), estas observaciones indican que son híbridos de yuca fresca de buena calidad, con potencial agroindustrial por ende son adecuados para la transformación y comercialización con este valor agregado, el cual es considerado como un insumo de mucho uso por la población.

8.3. Análisis beneficio – costo, basándose en la rentabilidad de los tres híbridos de yuca en estudio.

Se realizó un control detallado de todos los costos en los que se incurrió para el establecimiento del cultivo de yuca en la zona de estudio. En la tabla 8, se presenta el consolidado de los costos de producción proyectados a un área de 324 m².

Tabla 9. Costos de producción de la Yuca para un área 1ha

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR (C\$)	TOTAL (C\$)
COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Maquinaria y equipos				
Arado	Ha	1.00	C\$ 1,500	C\$ 1,500.00
Gradeo	Ha	1.00	C\$ 1,500.00	C\$ 1,500.00
SUB TOTAL				C\$ 3,000.00
2. SIEMBRA				
Esquejes	Unidad	10,000.00	C\$ 0.21	C\$ 2,100.00
Mano de Obra/ Sembradores	Jornal	6.00	C\$ 150.00	C\$ 900.00
SUB TOTAL				C\$ 3,000.00
3. CONTROL DE MALEZA				
Mano de obra/Azadón	Jornal	12.00	C\$ 150.00	C\$ 1,800.00
SUB TOTAL				C\$ 1,800.00
4. CONTROL DE PLAGAS				
Insecticida Vydate	Ltr	1.00	C\$ 650.00	C\$ 650.00
Insecticida Cipermetrina	Ltr	1.00	C\$ 370.00	C\$ 370.00
Mano de obra/Fumigación	Jornal	6.00	C\$ 150.00	C\$ 900.00
SUB TOTAL				C\$ 1,920.00
5. FERTILIZACIÓN				
Urea 46%	kg	22.00	C\$ 52.00	C\$ 1,144.00
Fertilización edáfica Tripe 15-15-15	Kg	22.00	C\$ 100.00	C\$ 2,200.00
Fertilización edáfica Sulfato de Amonio	kg	22.00	C\$ 50.00	C\$ 1,100.00
Acefos 75 SP	kg	20.00	C\$ 120.00	C\$ 2,400.00
Mano de obra/Fertilizador	Jornal	6.00	C\$ 150.00	C\$ 900.00
SUB TOTAL				C\$ 7,744.00
6. COSECHA				
Mano de obra	Jornal	12.00	C\$ 150.00	C\$ 1,800.00
SUB TOTAL				C\$ 1,800.00
COSTOS INDIRECTOS				
7. Gastos de movilización	Litro	96.00	C\$ 31.80	C\$ 3,052.80
SUB TOTAL				C\$ 3,052.80
TOTAL C\$				C\$ 20,516.80

Fuente: Propia

El cultivo de yuca a pesar de que es un producto resistente a sequias, plagas y enfermedades, las cuales se deben atacar para lograr una buena producción. Los costos se reflejan de manera directa o indirecta y van desde la obtención de la semilla hasta la mano de obra, transporte del producto hacia el mercado local (Castro, 2016).

Se realizó la preparación del terreno haciéndose uso de un pase de arado y un pase de grada con un costo total de C\$ 3,000.00 para un área de 1ha.

Para la siembra se utilizaron esquejes de una cantidad de 10,000 plantas con un costo de C\$ 3,000.00 en total.

Para el control de malezas se hizo del uso de azadón el cual es indispensable para eliminar las malezas presentadas en el campo. Con un costo total de mano de obra de C\$ 1,800.00.

Para el control de Plagas y enfermedades de acuerdo a las incidencias de estas en el campo, se utilizaron dos tipos de Insecticida (Vydate y Cipermetrina) el cual tuvo un costo de C\$ 1,920.00, incluyendo mano de obra.

La fertilización se realiza para recuperar, sostener y aumentar la productividad de los suelos y para aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo. Para esta área se aplicaron cuatro tipos de fertilizantes (Urea 46%, Tripe 15-15-15, Sulfato de Amonio y Acefos 75 SP), con un costo total de C\$ 7,744.00 incluyendo mano de obra.

8.3.1. Relación beneficio/costo de 1 ha

La tabla 10, refleja la relación entre beneficio/costo de los tres híbridos, donde se consideran el volumen de producción, precios, ingresos, costo total y beneficio neto, para un área de 1 ha.

Tabla 10. Relación beneficio/costo para un área de 1 ha

1ha	Híbridos		
	CM 6119-5	Mcol 2694	SM 805-15
Concepto			
Vol.prod. Kg/ha	33,333.33	37,181.82	31,560.61
Precio C\$/kg	3.09	3.09	3.09
Ingresos C\$	103,000.00	114,891.82	97,522.27
Total costo C\$	20,516.80	20,516.80	20,516.80
Beneficio costo C\$	82,483.20	94,375.02	77,005.47
Por cada C\$1	5.02	5.60	4.75

Fuente: Propia

La relación beneficio - costo muestra la cantidad de dinero que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida, si su resultado es igual a 1 no tiene beneficio de lucro ni pérdida y si su resultado es menor a 1 este no es rentable por lo cual el proyecto es rechazado (Cruz, 2019).

En este estudio se obtuvo un resultado de $Rb/C > 1$, para un área de 1 ha, es decir que para los híbridos CM 6119-15 obtuvo C\$ 5.02, M Col 2694 C\$ 5.60 y SM 805-15 C\$ 4.75, esto indica que los tres materiales reflejaron ingresos positivos, por lo que el estudio se acepta dado a que los beneficios son mayores a los costos convirtiéndolo en un cultivo rentable en su producción, afirmando que se generan ganancias para la economía nacional y se justifica la inversión que realice el productor en el establecimiento de cualquiera de los tres híbridos bajo estudio.

Para el costo de producción para 1 ha el Híbrido M Col 2694, es el que presentó mayores ganancias equivalentes a C\$ 94,375.02, seguido de los materiales CM 6119-5 con C\$ 82,483.20 y SM 805-15 con C\$ 77,005.47.

Concluyendo así con una investigación exitosa académicamente y a nivel de institución INTA Nicaragua, brindando una alternativa de adaptabilidad con un híbrido de alto rendimiento productivo tolerante a plagas, con el fin de ayudar a las familias productoras que cultivan yuca a pequeña y mediana escala en zonas con alto potencial, lo que favorecerá la economía de éstos garantizando también la seguridad alimentaria de la población nicaragüense.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

Al realizar el análisis y la discusión de los resultados se concluye:

- Para la determinación de las correlaciones fenotípicas de las variables de desarrollo y rendimiento entre los tres híbridos de yuca, se obtuvo un mapa de calor donde demuestra la significancia altamente positivas para las variables ALT, NRCB, NRCC, NRT, PRCB, PRCC y %MS con respecto al Rendimiento total que es la variable de interés, de tal manera que NRCB y PRCB y Rendimiento son las variables que se encuentran más estrechamente ligadas, por tanto el Híbridos M Col 2694 es el que presenta mayor aporte de número de raíces clase B aumentando de esta manera el Rendimiento con 37,181.82 kg ha⁻¹, superando al rendimiento nacional de 30,000 kg. ha⁻¹.
- Para la estimación del % de Materia seca y % Almidón se encontró que el híbrido M Col 2694 obtuvo 40.44% de Materia seca equivalente a 15,037.30 kg. ha⁻¹ y 35.39 % de Almidón equivalente a 11,795.77 kg. ha⁻¹ resultando ser un material de valioso potencial agro-industrial, garantizando calidad, volumen y precio de venta de un producto terminado para su aprovechamiento con un alto valor agregado.
- Al realizar la relación beneficio - costo de la producción de yuca en la zona de estudio se obtuvo que las ganancias son de C\$ 94,375.02 para el híbrido M Col 2694, es decir que la relación beneficio costo es mayor a 1 (Rb/C > 1), indicando que por cada C\$ 1 invertido se obtienen ganancias de C\$ 5.60, por lo que se acepta este híbrido dado a que los beneficios son mayores a los costos de su establecimiento, convirtiéndolo en un cultivo rentable en su producción, de esta manera se afirma que se genera una ganancia para la economía nacional y se justifica la inversión que realice el productor en el establecimiento de este híbrido.

De esta manera se afirma que se cumple la hipótesis alternativa que al menos uno de los tres híbridos presenta mejor comportamiento productivo bajo las condiciones edáficas de la Finca Agrícola Experimental.

9.2 Recomendaciones

- Dar a conocer la factibilidad de los híbridos en estudios (M Col 2694, SM 805-15 y CM 6119-5) a los productores de yuca dado a que estos presentan buenos rendimientos de buena calidad agroindustrial.
- Tomar en cuenta las prácticas y tecnologías de manejo adecuadas que se aplicaron en este estudio para incrementar el potencial de los sistemas productivos del cultivo de yuca en Nicaragua.

X. BIBLIOGRAFÍA

- FAO, O. A. (2017). *FAO*. Obtenido de Deschuponado o brotes del cultivo de tomate: <http://www.fao.org/3/a1374s/a1374s04.pdf>
- Agro, I. (18 de Octubre de 2019). *Agricultura Ecológica*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
- Alberto, G. S. (11 de Junio de 2009). *Evaluación De Cuatro Variedades De Tomate Industrial (Lycopersicum Esculentum, Mill) En El Rendimiento Y Tolerancia Al Complejo Mosca Blanca (Bemisia Tabaci Gennadius) – Geminivirus*. Managua.
- Alirio, L. (2018). *Correlaciones fenotípicas*. Colombia.
- Alvarado, C. (2009). *Cultivo de yuca*. Ecuador.
- Amaya, H. y. (1979). *YUCA Milenio*. Obtenido de <file:///C:/Users/YucaTercerMilenio.pdf>
- Análisis de varianza con medida repetidas*. (Junio de 2018). Obtenido de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/GuiaSPSS/16anovar.pdf>
- Aristizába, J. T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Arroyo. (2003). Zonificación Agroecológica ZAE. En B. Pineda. San José.
- Bakieva, M. s. (2002). SSPS: ANOVA de un factor. *InnovaMIDE*.
- Bastida, I. A. (22 de Junio de 2011). *Tecno Agro (Avances tecnológicos y agrícolas)*. Obtenido de <https://tecnoagro.com.mx/revista/revista-tecnoagro/29-no-62/351-arroz-y-silicio-mayor-produccion>
- Bhering. (2017). *RBio versión 140:18-08-2020*.
- Blandón A., F. (2015). *Evaluación y selección de líneas de tomate (Solanum lycopersicum Mill) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, Darío y Jinotega, primera y postrera 2015*. Managua.
- Bolívar. (2006). *Manejo Agronómico Sustentable*. Cooperativa tecnológica Guayana, formato 3,, Venezuela.
- Bustos, C. C. (2008). *ANDEVA PARA DISEÑO*. Granada: Facultad de ciencias básica.
- Cadavid. (2008). El cultivo de la yuca Manihot esculenta, clayuca,. 65.
- Cadavid. (2011). *Manual de nutrición vegetal*. una visión de los aspectos nutricionales del cultivo, CIAT., Cali, Colombia.

- caña, T. y. (1983). Caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de la yuca. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es#B4
- Casas, I., & Cañada, H. (15 de Julio de 2020). *Diseño de Experimentos*. Obtenido de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/mcasas/esp/disenio/introduccion2.pdf>
- Castro, A. (2016). *“Producción y Comercialización de Yuca en la comunidad Las Flores”*. Masaya: Unan.
- Ceballos, P. (2010). *Root and tuber crops*. New York.
- Centeno, E. (Martes 18 de Febrero de 2020). Producción de Yuca - MAG. *El 19 digital*.
- Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. (2009). *Manual de tomate*. Bogotá: Segunda Edición.
- Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. (2009). *Manual de Tomate*. Bogotá: Segunda Edición.
- Chávez, R., Roca, W., & Hershey, C. (1987). *Abreviaturas para los nombres de las especies silvestres de Manihot*. Colombia: CIAT.
- CIAA, C. y. (2009). *Manual de Producción de Tomate bajo invernadero*. Bogotá, Colombia: Segunda edición.
- CIAT. (2000). *GERMOPLASMAS DE YUCA*. COLOMBIA.
- CIAT, Julian A. Buitrago A. (JULIO de 1990). CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *LA YUCA EN LA ALIMENTACION ANIMAL*. COLOMBIA, COLOMBIA.
- core, R. (2020). *R versión 4.0.3*.
- CORPOICA, C. I. (2012). En J. Jaramillo, & D. Sanchez, *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (pág. 482). Bogotá, Colombia.
- Cruz, E. S. (2019). índice Beneficio/Costo en las finanzas. *Conexión ESAN*.
- Debouck, D. (2001). *Yuca Tercer Milenio*. Colombia . Obtenido de <file:///C:/Users/YucaTercerMilenio.pdf>
- Duarte, & Figueroa. (2008). *EFFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARACIÓN, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA YUCA*. Juigalpa: UNA.
- FAO. (2000). *Mejoramiento del cultivo de yuca*, 4. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10N583.pdf>
- FAO. (2004). En *Manejo de maleza*. Roma: R Labrada.
- FAO. (2004). *Costos de producción*.
- FAO. (2004). *Recomendaciones para el manejo de malezas*. Roma: R Labrada.
- FAO. (2017). Obtenido de <http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm>

- FAO. (2018). Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- FAO, O. I. (2018). FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm>
- FIDA, F. (2000). Prroducción del cultivo de Yuca.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations*. (2011). Obtenido de Contribucion al tratamiento estadístico de datos con distribución binomial en el modelo de análisis de varianza: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2012400667>
- Fuentes, D. M. (Mayo de 2014). Comportamiento agronómico de 12 cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condiciones de campo en Tisma, Masaya y en casa malla, en el CEVT Las Mercedes, UNA. Tisma, Nicaragua.
- Gil Flores, J. (2003). Técnicas de investigación educativa. *Revista de Investigación Educativa*, 231-248. Obtenido de https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova
- Gil Martínez, C. (Marzo de 2018). *R Pubs by RStudio*. Obtenido de TÉCNICAS DE REGULARIZACIÓN Y SELECCIÓN DEL MEJOR MODELO: https://rpubs.com/Cristina_Gil/Regularizacion_Seleccion
- Iberian, Y. (12 de Agosto de 2020). *Nutrición Vegetal del tomate*. Obtenido de <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/tomate/resumen-nutricional/>
- InfoAgro. (2006). *EL CULTIVO DE LA YUCA*. España: Departamento, Ingeniería Agrónoma y Contenido.
- INIA, I. I. (2017). *Manual de cultivo de tomate al aire libre*. Santiago, Chile: Boletín INIA/No. 11.
- INIDE. (2001). *ANÁLISIS DE ESTUDIO DE CADENA DE LA YUCA*. Managua: Instituto Nacional de Información de Desarrollo. Obtenido de <http://www.renida.net.ni/renida/iica/e14-j60-yc.pdf>
- INIDE. (16 de Junio de 2018). *Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de https://www.bcn.gob.ni/divulgacion_prensa/notas/2018/PPCC2018-2019.pdf
- INIDE. (2020). Managua: ANÁLISIS DE ESTUDIO DE CADENA DE LA YUCA.
- INIDE, I. I. (2012). *Instituto Nacional de Información de Desarrollo*. Obtenido de <https://www.inide.gob.ni/#:~:text=Instituto%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Desarrollo%20%2D%20INIDE>
- INTA. (2003). *Guía tecnológica de la yuca*. NICARAGUA.
- INTA. (16 de SEPTIEMBRE de 2015).
- INTA. (2016). CULTIVO DE YUCA. SAN JOSE, COSTA RICA.
- INTA. (2017).
- INTA (2019). Producción de semillas en el cultivo de tomate, chiltoma y cebolla. [Grabado por I. MS.c.Ing.Agro. Sury Aylem Mayorga Zamora]. Managua, Nicaragua.

- INTA Blandon, Ing victorino . (17 de agosto de 2020). nueva variedad de yuca
INTA forrajera nutritiva. (N. U. Garcia, Ed.) *Innovando con voz Culturagro*.
- INTA, I. T. (2017). Manual Tecnico del Cultivo de Tomate. En M. Ing. Agr. Ligia
Mayela López Marín. San Jose, Costa rica.
- IPSA, I. (2017). *Catálogo de Cultivares Registrados IPSA* .
- Krugman, W., & Samuelson, N. (2006; 2009). *rentabilidad económica* .
- Kumari. (2016). Cultivo de Yuca. 358.
- Lagos Santander, L., Alirio, F., Lagos, T., & Duarte, D. (2018). *Correlaciones
genotípicas, fenotípicas y ambientales, y análisis de sendero en tomate de
árbol (Cyphomandra betacea Cav. Sendt.)*. Tesis Monografica, Valle del
cauca, Colombia.
- Lagos, L., Alirio, F., Lagos, T., & Duarte, D. (2018). *Correlaciones genotípicas,
fenotípicas y ambientales, y análisis de sendero en tomate de árbol
(Cyphomandra betacea Cav. Sendt.)*. Tesis Monografica, Valle del cauca,
Colombia.
- Lardizabal. (2009). Cultivo de yuca .
- Lebot, V. (2007). Tropical root and tuber crops cassava, sweet potato, yams and
aroids. 17.
- Mackay, F. y. (2012). correlaciones fenotípicas . *REVISTA DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS* , 3.
- MAG. (2001). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos. San José, Costa
Rica, . San José, Costa Rica.
- MAG, A. e. (2013). En I. Villasanti, *EL CULTIVO DE TOMATE CON BUENAS
PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA AGRICULTURA URBANA Y
PERIURBANA* (pág. 72). Paraguay.
- Manfredo, L. (2014). *Prueba de tukey para experimentos desbalanceados*.
Guatemala: Centro América para el mundo.
- Maxima formacion*. (Septiembre de 2020). Obtenido de Analisis de correlacion:
<https://www.maximaformacion.es/blog-dat/analisis-de-correlacion-en-r/>
- Maxima Formación. (2021). *Análisis de varianza con medias repetidas*. Granada,
España. Obtenido de [https://www.maximaformacion.es/blog-dat/anova-de-
medidas-repetidas-tutorial-en-rsoftware/](https://www.maximaformacion.es/blog-dat/anova-de-medidas-repetidas-tutorial-en-rsoftware/)
- Mayo. (1980). The theory of plant breeding. Oxford University. . 293.
- Mederos, S. y. (2011). *Cultivo de Yuca*. San José: Programa Regional de
Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA),.
- Méndez, M. C. (Septiembre de 2019). *Universidad de Costa rica*. Obtenido de
Ambientes Protegidos, PRO NAP, Costa rica:
[http://www.mag.go.cr/informacion/prog-nac-aprot-1-conceptoAP-Taller-
Sistemas-v1.pdf](http://www.mag.go.cr/informacion/prog-nac-aprot-1-conceptoAP-Taller-Sistemas-v1.pdf)

- MIFIC, M. I. (2017). *Ficha del tomate*. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583ft.pdf>
- MITRAB. (2020). *Tabla salarial*. Managua: Ministerio del trabajo .
- Modelos estadísticos con R*. (Septiembre de 2020). Obtenido de Modelos aditivos lineales: https://bookdown.org/j_morales/webmodelos/09ML-SMOOTH.html#:~:text=Modelos%20aditivos%20lineales-,1%20Introducci%C3%B3n,trav%C3%A9s%20de%20una%20funci%C3%B3n%20desconocida
- Morales, J. (2017). *Modelos estadísticos con R*. Obtenido de https://bookdown.org/j_morales/weblinmod/
- MSc. Alarcón Zayas, A. (2013). *Calidad poscosecha del tomate (Solanum lycopersicum L) cultivo en sistemas ecológicos de fertilización*. Doctoral, Ciencias Agrícolas, Madrid, España.
- Navarro, P. (2008). *Diagramas de bigotes*. Estadísticas para todos. Obtenido de <http://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/cajas.html>
- Nicaragua, P. C. (2004). *Manejo integrado de plagas*. Managua: INTA.
- Olivas, A., & Salgado, L. (2013). *Evaluación de rendimiento y comportamiento agronómico de siete genotipos de tomate (Lycopersicum esculentum, Mill.) bajo sistema de casa malla en el centro experimental Las Mercedes Universidad Nacional Agraria*. Tesis de monografía, Managua, Nicaragua.
- Ospina , G. A. (s.f.). La Yuca en el tercer milenio.
- Ospina, B. H. (2002). *La Yuca en el tercer Milenio*. Cali, Colombia: CIAT.
- Ospina, E. (2003). La yuca.
- Pañaranda, M. M. (2009). *Yuca genéticamente modificada*. Colombia: Laboratorio de Biotecnología.
- PEREIRA, U. T. (2012). ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA YUCA. *tecnología química*, 130. pereira, colombia. Recuperado el 2012
- R, C. (2020). *R versión 4.0.3*. BHERING, L.L.
- Silvester. (2008). *Estadísticas para todos*. Obtenido de Diagrama de caja y bigotes: <https://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/cajas.html>
- Soporte de Minitab 18*. (2019). Obtenido de Test de Tukey: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-tukey-s-method/>
- Técnicas de Investigación Educativa G38*. (Noviembre de 2019). Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecnicasdeinvestigaciond38/metodos-estadisticos/1-4-analisis-de-varianza>
- Toro, C. (1983). *Determinación de la gravedad específica*. Colombia.

- Toro, J., & Caña. (1983). Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específico. *Caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de la yuca*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es#B4
- UNA. (2004).
- UNA. (2006). *Evaluación de dieciocho genotipos de yuca*. Pozoltega, Chinandega.
- UNA. (noviembre de 2016). producción y comercialización de yuca en la comunidad las flores del departamento de masaya. managua, nicaragua.
- UNAN. (NOVIEMBRE de 2016).
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. (marzo de 2006). EVALUACION DE DICIOCHO GENOTIPOS DE YUCA(manihot esculent Crantz)EN En el municipio de Pozoltega, Chinandega. 53. Managua, Nicaragua.
- V, L. (2009). Tropical root and tuber crops cassava, sweet potato, yams and aroids. 17.
- Zamora, S., & Blandón A., F. (2018). *Comportamiento de productivo de seis híbridos de tomate en condiciones climáticas del municipio de san isidro, Matagalpa. Ciclo riego, 2018. Managua, Nicaragua. (No publicado)*. Managua.

XI. ANEXOS

10.1. Anexo 1. Modelo Aditivo Lineal

```
Variavel = 3      NRCA.ha.1.
-----
----ANOVA:
      Df  Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Rep      2 1555556  777778   1.273  0.373
Trat     2  222222  111111   0.182  0.840
Residuals 4 2444444  611111
--Interpretacao:
p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: Efeito fixo: Medias dos efeitos sao iguais
H0: Efeito aleatorio: Componente de variancia do efeito igual a 0
-----
----Estatisticas Gerais:
Media Geral: 444.4444
cv (%): 175.8906
Minimo: 0
Maximo: 2000
-----

Teste de Normalidade

      Shapiro-Wilk normality test

data: resid
W = 0.93431, p-value = 0.5234

--Interpretacao:
p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: A amostra provem de uma populacao normal
-----

Teste de Homogeneidade de variancias de Bartlett
```

```
Variavel = 5      NRCC.ha.1.
-----
----ANOVA:
      Df  Sum Sq  Mean Sq F value Pr(>F)
Rep      2 8.216e+08 4.108e+08   1.495  0.3275
Trat     2 6.124e+09 3.062e+09  11.144 0.0232 *
Residuals 4 1.099e+09 2.748e+08
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

--Interpretacao:
p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: Efeito fixo: Medias dos efeitos sao iguais
H0: Efeito aleatorio: Componente de variancia do efeito igual a 0
-----
----Estatisticas Gerais:
Media Geral: 100111.1
cv (%): 16.55802
Minimo: 67000
Maximo: 146000
-----

Teste de Normalidade

      Shapiro-Wilk normality test

data: resid
W = 0.92265, p-value = 0.4146

--Interpretacao:
p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: A amostra provem de uma populacao normal
-----
```

Variavel = 2 PRCB

-----ANOVA:

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	2	1364098	682049	0.066	0.9370
Trat	2	152870853	76435426	7.414	0.0451 *
Residuals	4	41236440	10309110		

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

--Interpretacao:

p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: Efeito fixo: Medias dos efeitos sao iguais
H0: Efeito aleatorio: Componente de variancia do efeito igual a 0

-----Estatisticas Gerais:

Media Geral: 17111.11
cv (%): 18.7643
Minimo: 10272.73
Maximo: 25045.45

Teste de Normalidade

Shapiro-Wilk normality test

data: resid
W = 0.85903, p-value = 0.09358

--Interpretacao:

p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: A amostra provem de uma populacao normal

Variavel = 4 RTO

-----ANOVA:

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rep	2	52320032	26160016	1.405	0.345
Trat	2	49551449	24775724	1.331	0.361
Residuals	4	74471910	18617978		

--Interpretacao:

p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: Efeito fixo: Medias dos efeitos sao iguais
H0: Efeito aleatorio: Componente de variancia do efeito igual a 0

-----Estatisticas Gerais:

Media Geral: 34025.25
cv (%): 12.68133
Minimo: 26272.73
Maximo: 41681.82

----- |

Teste de Normalidade

Shapiro-Wilk normality test

data: resid
W = 0.96116, p-value = 0.8103

--Interpretacao:

p-value < 0.05: Significativo a 5% (*)- Rejeita H0 a 5%
H0: A amostra provem de uma populacao normal

10.2. Anexo 2. Correlación fenotípica para las variables a medir

	1	0.928571	-0.509008	-0.364443		1	0.989566	-0.823658	0.951246	-0.074113	-0.075327
0.928571		1	-0.792126	-0.684039	0.928571	0.972359	-0.975302	0.768825	-0.438952	-0.440046	
-0.509008	-0.792126		1	0.987068	-0.509008	-0.627718	0.907376	-0.218706	0.896118	0.896658	
-0.364443	-0.684039	0.987068		1	-0.364443	-0.494813	0.828262	-0.059455	0.955675	0.956032	
	1	0.928571	-0.509008	-0.364443		1	0.989566	-0.823658	0.951246	-0.074113	-0.075327
0.989566	0.972359	-0.627718	-0.494813	0.989566		1	-0.896771	0.896881	-0.217025	-0.218214	
-0.823658	-0.975302	0.907376	0.828262	-0.823658	-0.896771		1	-0.608594	0.626571	0.62752	
0.951246	0.768825	-0.218706	-0.059455	0.951246	0.896881	-0.608594		1	0.237084	0.235901	
-0.074113	-0.438952	0.896118	0.955675	-0.074113	-0.217025	0.626571	0.237084		1	0.999999	
-0.075327	-0.440046	0.896658	0.956032	-0.075327	-0.218214	0.62752	0.235901	0.999999		1	

Fuente: Propia

10.3. Anexo 3. Estimación del potencial agro-industrial mediante el porcentaje de almidón y harina de tres híbridos de yuca, a través del método gravimétrico.

➤ **Gravedad específica:**

$$GE = \frac{PFRAI}{PFRAI - PFRAG}$$

Dónde:

- GE: gravedad específica.
- PFRAI: peso fresco de raíces en el aire.
- PFRAG: peso fresco de raíces en el agua.

$$GE = \frac{9.22}{9.22 - 1.22}$$

$$GE = 1.1531$$

➤ **%Materia Seca:**

$$\%MS = (GE * 158,26) - 142.05$$

$$\%MS = (1.1531 * 158,26) - 142.05$$

$$\%MS = 40.44$$

➤ **%Almidón:**

$$\%AL = \%MS * 0.875$$

Dónde;

%AL: Porcentaje de Almidón de la yuca.

%MS: Porcentaje de Materia seca.

0.875: Rango promedio de 85-90%.

$$\%AL = 40.44 * 0.875$$

$$\%AL = 35.39$$

Híbrido SM 805-15

➤ **Gravedad específica:**

$$GE = \frac{PFRAI}{PFRAI - PFRAG}$$

Dónde:

- GE: gravedad específica.
- PFRAI: peso fresco de raíces en el aire.
- PFRAG: peso fresco de raíces en el agua.

$$GE = \frac{9.22}{9.22 - 1.01}$$

$$GE = 1.1234$$

➤ **%Materia Seca:**

$$\%MS = (GE * 158,26) - 142.05$$

$$\%MS = (1.1234 * 158,26) - 142.05$$

$$\%MS = 35.74$$

➤ **%Almidón:**

$$\%AL = \%MS * 0.875$$

Dónde;

%AL: Porcentaje de Almidón de la yuca.

%MS: Porcentaje de Materia seca.

0.875: Rango promedio de 85-90%.

$$\%AL = 35.74 * 0.875$$

$$\%AL = 31.27$$

Híbrido CM 6169-5

➤ **Gravedad específica:**

$$GE = \frac{PFRAI}{PFRAI - PFRAG}$$

Dónde:

- GE: gravedad específica.
- PFRAI: peso fresco de raíces en el aire.
- PFRAG: peso fresco de raíces en el agua.

$$GE = \frac{10.13}{10.13 - 1.10}$$

$$GE = 1.1223$$

➤ **%Materia Seca:**

$$\%MS = (GE * 158,26) - 142.05$$

$$\%MS = (1.1223 * 158,26) - 142.05$$

$$\%MS = 35.56$$

➤ **%Almidón:**

$$\%AL = \%MS * 0.875$$

Dónde;

%AL: Porcentaje de Almidón de la yuca.

%MS: Porcentaje de Materia seca.

0.875: Rango promedio de 85-90%.

$$\%AL = 35.56 * 0.875$$

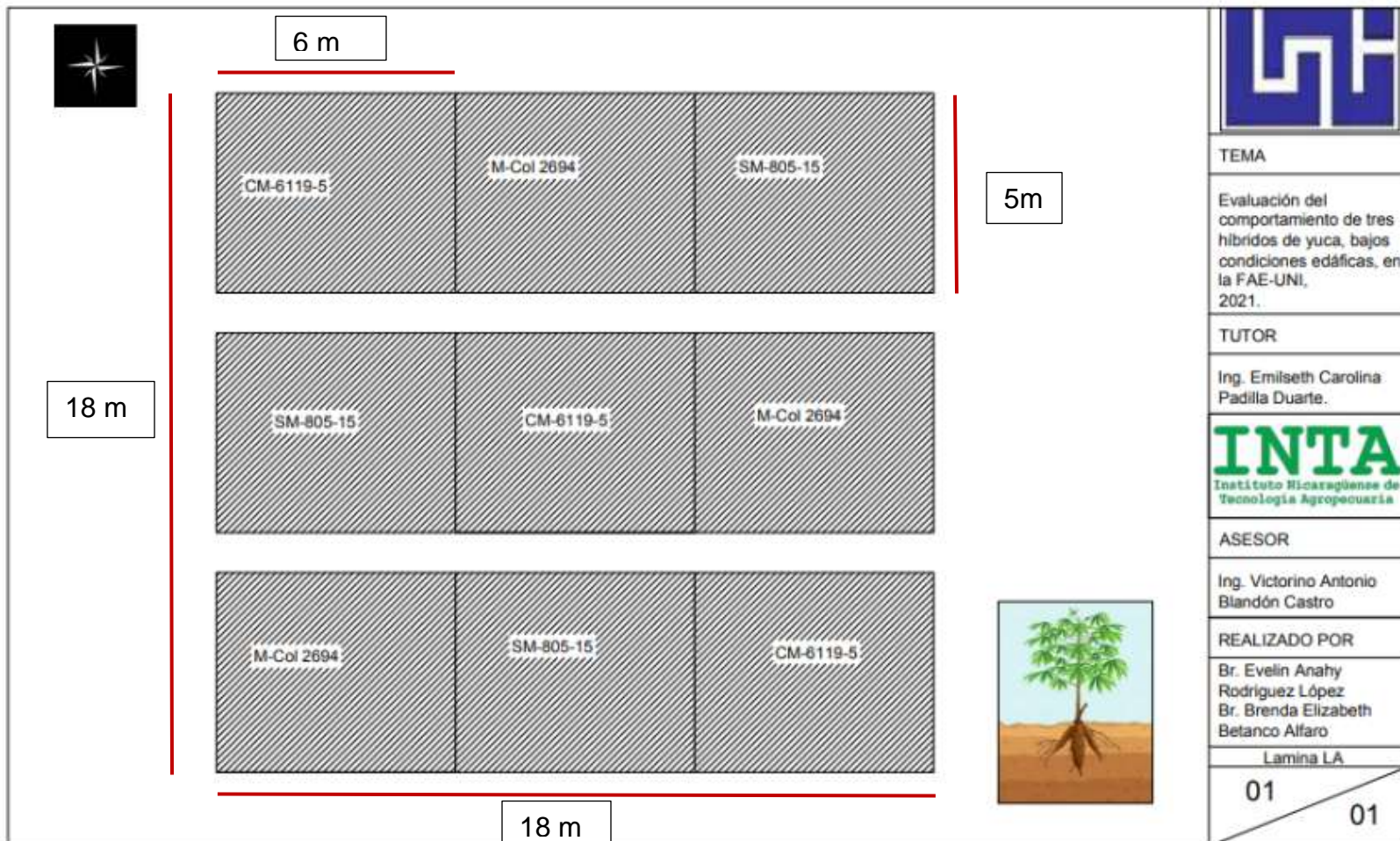
$$\%AL = 31.12$$

Tabla 11. Precios según el % Almidón en \$/ton

Gramaje	% Almidón	\$/ton
419	24%	\$57.29
450	25%	\$61.52
481	26%	\$65.76
512	27%	\$70.00
543	28%	\$74.24
575	29%	\$78.61
606	30%	\$82.85

Fuente: Almidones de Centro América S.A (ALCASA)

10.4. Anexo 4. Distribución del experimento, conteniendo distanciamiento entre surco y planta.



Fuente: Propia.

10.5. Anexo 5. Cosecha de Yuca

Figura 9. Plantas de Yuca



Fuente: Propia

Figura 10. Fertilización al cultivo de yuca



Fuente: Propia

Figura 11. Híbridos de SM 805-15



Fuente: Propia

Figura 12. Siembra de Plantas de Yuca



Fuente: Propia

Figura 13. Siembra de Yuca



Fuente: Propia

Figura 14. Medición de altura



Fuente: Propia

Figura 15. Cosecha de Yuca



Fuente: Propia