

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DIEZ
VARIEDADES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL SAPECHO - ALTO BENI**

ELIZABETH MAYTA RIVEROS

La Paz – Bolivia

2021

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DIEZ
VARIETADES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL SAPECHO - ALTO BENI**

*Tesis de Grado
Presentado como requisito
Para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

ELIZABETH MAYTA RIVEROS

Asesor(es):

Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas

Ing. M. Sc. Fernando Manzaneda Delgado

Tribunal Examinador:

Ing. Celso Ticona Quispe

Ing. M. Sc. Carlos Eduardo Choque Tarqui

APROBADO

Presidente Tribunal Revisor:

La Paz – Bolivia

2021

DEDICATORIA

EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS SE LO DEDICO DE MANERA MUY ESPECIAL A MI HIJO CHARLIE JHEYK, A MI MADRE FLORENCIA RIVEROS, A MIS HERMANOS: CLARIBEL, FLORA, ELVA, WILMA, NANCY, FIDEL Y MARY, POR EL APOYO INCONDICIONAL QUE ME BRINDARON DURANTE MI FORMACIÓN COMO PERSONA, POR LO CUAL ESTARÉ SIEMPRE AGRADECIDA.



AGRADECIMIENTOS

Dejo expresado mis más sinceros agradecimientos:

A Dios, por darme la vida para compartir y por qué me ha concedido el disfrutar de su magnífica creación, guiar por el camino correcto para culminar este trabajo de investigación para seguir adelante.

A la Facultad de Agronomía de Ingeniería Agronómica de la Universidad Mayor de San Andrés, por la formación recibida, a todo el plantel docente administrativo por la formación profesional que me brindaron académicamente.

A la Estación Experimental de Sapecho (E.E.S.) por abrirme las puertas y brindarme todo el apoyo de manera incondicional, al Ex. Director Ing. M. Sc. Johnny Ticona Aliaga (+), y a todo el personal técnico y trabajadores.

A mis asesores Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas, Ing. M. Sc. Fernando Manzaneda Delgado, gracias por brindarme su apoyo y brindarme todo su conocimiento y sus correcciones durante la elaboración de la Tesis.

A mis revisores: gracias al Ing. M.Sc. Carlos Eduardo Choque Tarqui e Ing. Celso Ticona Quispe; a quienes les quedo muy agradecida por la revisión, correcciones y sugerencias que me dieron durante la elaboración del documento que ayudaron a mejorar el presente trabajo de investigación.

Al Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”, dependiente de la Universidad Autónoma “Gabriel Rene Moreno”, Al Ing. Víctor Hugo Vaca López e Ing. Fernando Copa Bazán, por todo el apoyo brindado.

A mis compañeros (as), amigos (as) de la facultad de Agronomía: por recorrer juntos el camino de la formación superior; Cynthia, Heidy, Evelin y Alejandro por brindarme su amistad y apoyo durante el tiempo que cursé la carrera.

Un agradecimiento especial al Ing. Jaime Mamani Vargas, Ing. Joel Moisés Mamani e Ing. Adalid Arapeño Rasguido por brindarme su amistad y apoyo durante el proceso de investigación y la redacción de este documento.

Finalmente a todas las demás personas, que de una u otra forma me prestaron su gentil colaboración desinteresada.

A todos ellos muchísimas gracias.

INDICE GENERAL

CONTENIDO GENERAL.....	I
INDICE DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE CUADROS	IX
INDICE DE ANEXOS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIV

CONTENIDO GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Origen e historia de la yuca.....	4
2.2 Producción	4
2.2.1 Producción mundial	4
2.2.2 Producción nacional	5
2.3 Descripción taxonómica	6
2.4 Características morfológicas	7
2.4.1 Descripción de las raíces.....	7
2.4.2 Descripción del tallo.....	8
2.4.3 Descripción de las hojas.....	8
2.4.4 Descripción del fruto	9

2.4.5	Descripción de la semilla	9
2.4.6	Descripción de la inflorescencia	10
2.5	Contenido nutricional de la yuca	11
2.6	Variedades de yuca utilizadas para la investigación.....	12
2.6.1	Variedad 1 - Rosadita (MVB41044).	13
2.6.2	Variedad 2 - Brasil 1 (MVBBR017).	13
2.6.3	Variedad 3 - Huajarajeña (MVB41055).	14
2.6.4	Variedad 4 - Rama verde (MVB41058).	14
2.6.5	Variedad 5 - Pelecho morado (MVB41030)	15
2.6.6	Variedad 6 - Arrobera (MVB41032)	15
2.6.7	Variedad 7 - CM 6740-7 Reina (MVBCO052)	16
2.6.8	Variedad 8 - Amarilla (Nativa de la región)	16
2.6.9	Variedad 9 - Señorita (Santa Cruz).....	17
2.6.10	Variedad 10 - Amarilla Criolla (Nativa de la región)	18
2.7	Hábito de crecimiento de la planta de la yuca	19
2.7.1	Etapas de crecimiento en la planta.....	19
2.7.1.1	Etapas de crecimiento lento.....	19
2.7.1.2	Etapas de máximo crecimiento.....	20
2.7.1.3	Etapas de senescencia.....	20

2.7.2	Crecimiento de la raíz.....	21
2.7.2.1	Fase de tuberización.....	21
2.7.2.2	Fase de engrosamiento.....	21
2.7.2.3	Fase de acumulación.....	21
2.8	Distancia de siembra y densidad poblacional.....	21
2.9	Requerimientos edafoclimáticos.....	22
2.9.1	Clima	22
2.9.2	Altitud	23
2.9.3	Precipitación.....	23
2.9.4	Temperatura	23
2.9.5	Suelo	24
2.9.6	Topografía.....	24
2.10	Malezas, plagas y enfermedades del cultivo de la yuca.....	25
2.10.1	Control de malezas	25
2.10.2	Plagas que causan daño al cultivo de la yuca	26
2.10.2.1	El Gusano cachón (<i>Erinnys ello</i>).....	26
2.10.2.2	La Agalla de la hoja (<i>Latrophobia brasilensis</i>).....	27
2.10.2.3	Hormigas cortadoras de hojas (<i>Atta sp.</i>).....	27

2.10.2.4	Trips.....	28
2.10.3	Enfermedades del cultivo de la yuca	28
2.10.3.1	La pudrición bacterial del tallo (<i>Erwinia carotovora pv carotovora</i>)...28	
2.10.3.2	Pudrición seca del tallo y la raíz.....	29
2.10.3.3	Sarna o súper alargamiento de la yuca (<i>Sphaceloma manihoticola</i>)..29	
2.10.3.4	Mancha parda (<i>Cercospora henningsii</i>).....	29
3	MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1	Localización	31
3.1.1	Ubicación geográfica	31
3.1.2	Latitud y longitud	32
3.1.3	Relieve topográfico	32
3.1.4	Características climáticas	33
3.1.5	Los suelos de Sapecho y del municipio de Palos Blancos.....	33
3.1.6	Principales cuencas en el área	34
3.2	Materiales	34
3.2.1	Material biológico.....	34
3.2.2	Materiales y equipo de campo	35
3.2.3	Material de escritorio.....	35
3.3	Metodología	36

3.3.1	Procedimiento experimental	36
3.3.1.1	Preparación del terreno.....	36
3.3.1.2	Preparación de la semilla (estacas).....	37
3.3.1.3	Siembra.....	37
3.3.1.4	Cercado de la parcela.....	38
3.3.1.5	Prácticas culturales.....	38
3.3.1.5.1	Control de malezas.....	38
3.3.1.5.2	Control de insectos plaga.....	38
3.3.1.5.3	Cosecha.....	39
3.3.2	Diseño experimental.....	39
3.3.2.1	Modelo lineal aditivo.....	39
3.3.2.2	Croquis del experimento.....	40
3.3.2.3	Área dimensional del campo experimental.....	40
3.3.3	Variables fenológicas.....	41
3.3.3.1	Temperatura y precipitación.....	41
3.3.3.2	Porcentaje de emergencia.....	41
3.3.4	Variables de respuesta	41
3.3.4.1	Altura de planta.....	41
3.3.4.2	Diámetro de tallo.....	41

3.3.4.3	Numero de raíces por planta.....	41
3.3.4.3	Longitud de las raíces.....	42
3.3.4.5	Peso de raíces por planta.....	42
3.3.4.6	Rendimiento.....	42
3.3.5	Análisis económico.....	42
3.3.5.1	Beneficio Bruto (BB).....	42
3.3.5.2	Costos Variables (CV).....	43
3.3.5.3	Beneficio Neto (BN) o Utilidad del cultivo.....	43
3.3.5.4	Relación beneficio/Costo (B/C).....	43
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1	VARIABLES FENOLÓGICAS.....	45
4.1.1	Temperatura (°C).....	45
4.1.2	Precipitación pluvial (mm).....	46
4.1.3	Porcentaje de emergencia (%).....	47
4.2	VARIABLES DE RESPUESTA.....	48
4.2.1	Altura de la planta (cm).....	48
4.2.2	Diámetro de tallo (cm).....	50
4.2.3	Número de raíces por planta (Unidades/planta).....	52
4.2.4	Longitud de la raíz (cm).....	54

4.2.5	Peso de raíces por planta (kg/planta)	55
4.2.6	Rendimiento toneladas por hectárea (tn/ha)	57
4.3	Análisis económico	59
5.	CONCLUSIONES	62
6.	RECOMENDACIONES	63
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	64
8.	ANEXOS.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedad 1 - Rosadita	13
Figura 2. Variedad 2 - Brasil 1	14
Figura 3. Variedad 4. Rama verde	15
Figura 4. Variedad 5 - Pelecho morado	15
Figura 5. Variedad 6 - Arrobera	16
Figura 6. Variedad 8 - Amarilla (Nativa de la region)	17
Figura 7. Variedad 9 - Señorita (Santa Cruz)	17
Figura 8. Ciclos de crecimiento de la yuca	20
Figura 9. Ubicación Geográfica del Área del Experimento	31
Figura 10. Vista Satelital del Área del Experimento	32
Figura 11. Delimitación y trazado de la parcela experimental	36
Figura 12. Corte de las estacas de las diez variedades	37
Figura 13. Incorporación de materia orgánica y siembra de las estacas	38
Figura 14. Cosecha de yuca	39
Figura 15. Croquis de campo para el diseño experimental (2020)	40
Figura 16. Comportamiento de la temperatura (°C)	45
Figura 17. Comportamiento de la precipitación (mm).....	46
Figura 18. Porcentaje de emergencia (%)	48

Figura 19. Variable altura de planta (cm).....	50
Figura 20. Variable diámetro de tallo (cm)	52
Figura 21. Variable número de raíces por planta (unidades/planta)	53
Figura 22. Variable longitud de la raíz (cm)	55
Figura 23. Variable peso por planta (kg/planta)	57
Figura 24. Variable rendimiento toneladas por hectárea (tn/ha)	59
Figura 25. Relación B/C	60

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Producción, superficie y rendimiento mundial 2018.	4
Cuadro 2. Cultivo de la yuca en Bolivia (Campaña agrícola 2005-06/2011-12)	6
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la planta de Yuca	6
Cuadro 4. Composición en 100 gramos de porción comestible de alimento	12
Cuadro 5. Descripción de las variedades	18
Cuadro 6. Características principales de las variedades	19
Cuadro 7. Marcos de siembra en función del porte de la planta	22
Cuadro 8. Análisis de varianza para altura de planta (cm)	48
Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm).....	50
Cuadro 10. Análisis de varianza para número de raíces por planta.....	52
Cuadro 11. Análisis de varianza para longitud de raíz (cm).....	54
Cuadro 12. Análisis de varianza peso de raíces por planta (kg/planta)	56
Cuadro 13. Análisis de varianza rendimiento toneladas por hectárea (tn/ha)	57
Cuadro 14. Análisis económico	59

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Plántulas de yuca a los después de los 15 días después de la siembra
- Anexo 2.** Plántulas de yuca a los 30 días después de la siembra
- Anexo 3.** Plantas de yuca al segundo y cuarto mes después de la siembra
- Anexo 4.** Plantas de yuca al sexto y octavo mes después de la siembra
- Anexo 5.** Plantas de yuca al noveno mes después de siembra y cosecha de las variedades Amarilla, Rosadita y Pelecho morado
- Anexo 6.** Desmalezado y aporque del cultivo de yuca al séptimo mes.
- Anexo 7.** Apertura del canal de drenaje al área del experimento
- Anexo 8.** Monitoreo de plagas y enfermedades en el cultivo de yuca
- Anexo 9.** Cerco perimetral del área experimental
- Anexo 10.** Ataque de roedores plaga en el enmallado y cultivo de yuca
- Anexo 11.** Principales insectos plaga encontrados en el cultivo
- Anexo 12.** Principales enfermedades en el cultivo de yuca
- Anexo 13.** Cosecha de yuca fresca
- Anexo 14.** Pelado y raspado de la yuca
- Anexo 15.** Secado de la yuca después de siete días del fermentado
- Anexo 16.** Tostado de la yuca a brasa en paila
- Anexo 17.** Producto final bebida de “Chive”

RESUMEN

La región del norte paceño ha demostrado ser un polo de desarrollo para el departamento, la aptitud de los suelos, los factores climáticos y su geografía, son óptimas para el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), la adaptación de variedades introducidas del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” de la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno de la ciudad de Santa Cruz, han posibilitado un incremento de la producción en comparación al sistema tradicional de variedades locales de la región alto beniana.

Actualmente la producción del cultivo de yuca en la región Alto - Beniana es muy definida, debido a que existen solo dos variedades cultivadas. Es así que el presente trabajo pretende evaluar el comportamiento agronómico y la adaptabilidad de nuevas variedades, la cual contribuiría a la diversificación de material genético en la zona. La introducción de nuevas variedades de yuca en la zona de Sapecho, es un beneficio potencial que ofrecería una alternativa de producción, para la región, esperando así el aumento en los rendimientos y en aprovechamiento del recurso suelo.

El ensayo se llevó acabo en la localidad de Sapecho predios de la Estación Experimental Sapecho (EES), municipio de Palos Blancos del Departamento de La Paz comprendida entre las coordenadas entre los 15°39'27'' de latitud sur y 67°09'29'' de longitud oeste a una altitud de 450 m.s.n.m. en la gestión agrícola 2019 - 2020, estudio titulado: Evaluación del comportamiento agronómico de diez variedades de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), en la Estación Experimental Sapecho - Alto Beni, las variedades que se evaluaron son siete variedades adquiridas del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” de la UAGRM Santa Cruz: Rosadita, Brasil 1, Huajarajeña, Rama verde, Pelecho morado, Arrobera y CM 6740-7(Reina) y tres variedades locales, la variedad amarilla, variedad señorita y variedad amarilla criolla. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un solo factor bajo la misma densidad de siembra 1 x 1 metro, teniendo cuatro repeticiones con un total de 40 unidades experimentales

Se hizo una evaluación de variables fenológicas y agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, número de raíces por planta, longitud de las raíces, peso de raíces por planta y rendimiento por hectárea). En relación al porcentaje de emergencia las diez variedades de yuca son presentaron un promedio de 98%.

A partir de los resultados obtenidos, las que mejor se comportaron y adaptaron en la región fueron las variedades Señorita y Brasil 1 de las cuales se puede mencionar que entre las variedades introducidas resalta la variedad Brasil 1 y dentro de las variedades revalorizantes en la región y en la zona son la Señorita y Amarilla.

Desde el punto de vista económico y de rendimiento se recomienda producir la variedad Señorita con 29.28 tn/ha, seguido de las variedades Brasil 1 con 26.08 tn/ha, variedad Amarilla con 25.5 tn/ha y las variedades Rosadita y Rama verde como una segunda opción por obtener rendimiento de 23.00 y 17.68 tn/ha respectivamente.

Los costos de producción y la relación beneficio costo de las diez variedades evaluadas se consideran rentables. Siendo la variedad Señorita con el valor más alto igual a 2,93, la sigue la variedad Brasil 1 y Amarilla con 2,55 por lo tanto, comparado con los demás tratamientos, éstas son las mejores alternativas de inversión.

ABSTRACT

The northern La Paz region has proven to be a development pole for the department, its aptitude for the climatic elements, its geography and soil disposition are optimal for the cultivation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), the adaptation of introduced varieties of the Institute of Agricultural Research "El Vallecito" of the Gabriel Rene Moreno Autonomous University in the city of Santa Cruz, have enabled a double increase in production compared to the traditional system of local varieties of the Alto Beni region.

The trial was carried out in the town of Sapecho, properties of the Sapecho Experimental Station (EES), municipality of Palos Blancos in the Department of La Paz, between the coordinates between 15°39'27" south latitude and 67°09'29" of West longitude at an altitude of 450 meters above sea level in agricultural management 2019 - 2020, research entitled: Evaluation of the agronomic behavior of ten varieties of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz), in the Sapecho Experimental Station - Alto Beni". The varieties that were evaluated are seven varieties acquired from the Institute of Agricultural Research El Vallecito from UAGRM Santa Cruz: Rosadita, Brazil 1, Huajarajeña, Rama Verde, Pelecho morado, Arrobera and CM 6740-7 (Reina) and three local varieties, the yellow variety, Señorita variety and Creole yellow variety. For the statistical analysis, a completely randomized design (DCA) was used with a single factor under the same planting density 1 x 1 meter, having four repetitions with a total of 40 experimental units.

An evaluation of phenological and agronomic variables was made (plant height, stem diameter, number of roots per plant, length of roots, weight of roots per plant, average root weight and yield per hectare. In relation to the percentage of emergence the ten varieties of cassava reaching an average of 98%.

From the economic and yield point of view, it is recommended to produce the Señorita variety with 29.28 t/ha, followed by the Brazil 1 varieties with 26.08 t/ha, Amarilla variety with 25.5 t/ha and the Rosadita and Rama Verde varieties as a second option to obtain yield of 23.00 t/ha and 17.68 t/ha respectively.

The production costs and the cost benefit ratio of the ten varieties evaluated are considered profitable. Being the Señorita variety with the highest value equal to 2.93, it is followed by the Brazil 1 and Amarilla variety with 2.55; therefore, compared to the other treatments, these are the best investment alternatives.

1. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es un cultivo muy importante en regiones tropicales del mundo (latitudes menores a los 30°), que va desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m., si bien el principal producto económico son sus raíces, las hojas de la yuca también tienen un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y Asia, ya sea para la alimentación humana o animal. La yuca es el cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, y es un componente básico de la dieta de más de 1000 millones de personas FAO/FIDA, (2000).

Es un cultivo muy rustico y resistente a condiciones adversas, puede soportar periodos hasta de tres meses sin lluvia, tiene la capacidad de producir en suelos degradados, es resistente a plagas y enfermedades, tolera suelos ácidos (predominante en la mayoría de las sabanas tropicales del mundo), Sin embargo no tolera encharcamientos ni condiciones salinas del suelo. (Soliz, Olivera, Rafael, & La Rosa, 2012).

En Bolivia existen cuatro principales zonas, Beni - Pando, Yungas, Santa Cruz y Chapare. Actualmente se siembran 47.000 ha en todo el país, con un promedio de rendimiento de 14.2 tn/ha. La yuca se siembra en monocultivo principalmente de las regiones de Beni-Pando y Santa Cruz asociada con otro cultivo, en particular con coca, en las regiones de Yungas y Chapare (Lennis & Alvarado , 1991).

Se estima que en Bolivia se producen alrededor 35.000 hectáreas de yuca al año, de las cuales un 80% se cultivan en el departamento de Santa Cruz. Una de las debilidades de la producción de yuca es la falta de mercado interno (Sonagua, 2018).

Cazas (2012) determinó que el rendimiento promedio del cultivo de yuca en el municipio de Palos Blancos ubicado en la región del Alto – Beni se encuentra alrededor de (26.6 tn/ha.)

La introducción de nuevas variedades de yuca en la zona de Sapecho, es un beneficio potencial que ofrecería una alternativa de producción, para la región, esperando así el aumento en los rendimientos y en aprovechamiento del recurso suelo

1.1 Justificación

La principal actividad económica en la región del Alto Beni es la agrícola, siendo el cacao el principal cultivo de la región, por otro lado se tiene los cultivos secundarios denominados de seguridad alimentaria, de consumo masivo y diario como el arroz, maíz, frejol, plátano y la yuca.

Actualmente la producción del cultivo de yuca en la región Alto - Beni es muy definida, debido a que existen solo dos variedades cultivadas; la amarilla comercial y la amarilla criolla, generalmente usada para el consumo familiar. Es así que el presente trabajo pretende evaluar el comportamiento agronómico y la adaptabilidad de nuevas variedades, la cual contribuiría a la diversificación de material genético en la zona y así contribuir a la seguridad alimentaria en la región.

Para el cultivo de yuca en Sapecho – Alto Beni, no se tiene recomendaciones agronómicas ni información de otras variedades que se adapten a la zona, por tal motivo con el presente estudio de investigación se tiene como propósito generar información técnica para los agricultores de la zona, por ser un producto con una alta demanda, considerado un sustituto del cultivo de la papa, en campañas agrícolas cuando hay adversidades climáticas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de diez variedades de yuca introducidas, en la Estación Experimental de Sapecho Alto Beni – La Paz.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudio de las características fenotípicas y productivas de las diez variedades de yuca.
- Identificar las variedades con mejores características de adaptabilidad en la zona de Sapecho.
- Determinar la relación beneficio/costo de la producción del cultivo de la yuca.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen e historia de la yuca

Según el MDRyT (2011) el origen de la yuca está en América y es un alimento tradicional de las tierras bajas y de los yungas, fue distribuida por los españoles y portugueses después del descubrimiento de América hasta las costas occidentales de África, constituyéndose en la actualidad un cultivo de mucha importancia no solo en América Tropical sino también en África occidental, el sureste de Asia, Australia y el Pacífico sur.

Se han definido cuatro centros de origen para el género *Manihot*; el primero lo constituye la parte central del Brasil (al sur del Estado de Goiás y al occidente de Minas Gerais), con cerca de 38 especies que representa el área de mayor diversidad, el segundo es la parte Suroccidental de México y contiene 19 especies, el tercero es la parte Noroeste del Brasil y el cuarto es la región occidental del Mato Grosso en Brasil y Bolivia (Domínguez, 1982).

2.2 Producción

2.2.1 Producción mundial

Según la FAO (2018) la producción, superficie y rendimiento mundial del cultivo de yuca se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Producción, superficie y rendimiento mundial 2018

Año	Producción (tn)	Superficie (ha)	Rendimiento (tn/ha)
2018	277.808,759	24.590,818	11,3

Fuente: Estadísticas Agrícolas: Datos Mundiales (2018)

Así mismo la misma fuente menciona que, entre los principales países productores a nivel mundial, se destacan; Nigeria con una producción de 59.475,202 tn, empleando una superficie 6.852,857 ha, en segundo lugar a Tailandia con una producción 31.678,017 tn, empleando una superficie de 1.205,817 ha, y tercero República Democrática del Congo con una producción de 29.952,479 tn, empleando una superficie de 3.677,998 ha.

También menciona que a nivel Sud América en primer lugar esta Brasil con una producción de 17.644,733 tn, en una superficie de 1.205,413 ha., en segundo lugar Paraguay con una producción de 3.293,999 tn.

2.2.2 Producción nacional

En Bolivia existen cuatro principales zonas, Beni - Pando, Yungas, Santa Cruz y Chapare. Actualmente se siembran 47,000 ha en todo el país, con un promedio de rendimiento de 14,2 tn/ha. La yuca se siembra en monocultivo principalmente de las regiones de Beni-Pando y Santa Cruz asociada con otro cultivo, en particular con coca, en las regiones de Yungas y Chapare (Lennis & Alvarado , 1991).

La mayor parte de la yuca se consume localmente, como raíz fresca; el uso de este cultivo en la alimentación animal es mínimo. Las principales limitaciones de la producción son el uso de variedades de bajo rendimiento, poca atención técnica y ataque de roedores (Lennis & Alvarado , 1991).

La investigación en el cultivo se realizó en el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, en sus dos estaciones experimentales (Sapecho y La Jota), y en el Instituto de Investigaciones Agrícolas el Vallecito; se ha prestado especial atención al mejoramiento genético en cuanto al reconocimiento y evaluación de material genético local y a la introducción de material genético del CIAT (Lennis y Alvarado, 1991).

Se estima que en Bolivia se producen alrededor 35.000 hectáreas de yuca al año, de las cuales un 80% se cultivan en el departamento de Santa Cruz. Una de las debilidades de la producción de yuca es la falta de mercado interno (Sonagua, 2018).

Aún no se le da valor agregado al producto como el almidón de yuca, por ejemplo, siendo que se le puede dar grandes utilidades en el tema alimentario, ya que éste producto puede muy bien sustituir a la harina las recetas de tapioca son variadas y también una nueva alternativa en la alimentación de los niños (Sonagua, 2018).

Cuadro 2. Cultivo de la yuca en Bolivia (Campaña agrícola 2005 - 06 / 2011 - 12)

Descripción	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09 (p)	2009-10 (p)	2010-11 (p)	2011-12 (p)
Superficie (ha)	30.803	29.078	28.650	28.794	29.418	28.303	28.526
Producción (t)	282.798	255.003	243.988	248.855	255.282	242.599	237.238
Rendimiento (tn/ha)	9,181	8,77	8,516	8,643	8,678	8,571	8,317

Fuente: MDRyT; INE. Cifras preliminares

2.3 Descripción taxonómica

La yuca pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, constituida por unas 7,200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactocitos. Esto es lo que produce la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de esta familia. Existe una gran variabilidad de arquitecturas de la planta dentro de esta familia, desde los tipos arbóreos (caucho, *Hevea brasiliensis*) hasta los arbustos, también de importancia económica (ricino, *Ricinus communis*) CIAT, (2002).

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la planta de Yuca

Reino	Plantae
Clase	Eudicotiledoneas
Subclase	Choripetales
Orden	Malpighiales
Suborden	Tricoccae
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Crotonidae
Tribu	Manihoteae
Género	<i>Manihot</i>
Especie	<i>esculenta</i>

Fuente: Sistema APG IV (2016)

2.4 Características morfológicas

La yuca es un arbusto perenne que alcanza una altura entre los 90 y 250 centímetros, tiene grandes hojas palmeadas y sus raíces son comestibles (las hojas se pueden usar como forraje. Las flores nacen en el extremo del tallo y su color varía del púrpura al amarillo. La planta es "monoica", lo que significa que en ella misma, crecen separadas flores masculinas y femeninas; las femeninas maduran más pronto y el cruce con otras plantas ocurre mediante la polinización con insectos (SADR, s.f).

La planta de yuca se divide en dos partes principales, una parte aérea (tallos, hojas, flores y semillas) y la parte radicular o raíz (Montalvo 1985).

2.4.1 Descripción de las raíces

La principal característica de las raíces de la yuca es su capacidad de almacenamiento de almidón, razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha tenido un mayor valor económico (Ceballos y Cruz, 2002).

Cuando la planta proviene de semilla sexual, se desarrolla una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden. Aparentemente, la raíz primaria siempre evoluciona para convertirse en una raíz tuberosa y es la primera en hacerlo. Si la planta proviene de estacas las raíces son adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca, que se convierte en una callosidad y también a partir de las yemas de la estaca que están bajo tierra. Estas raíces al desarrollarse, inicialmente forman un sistema fibroso, pero después algunas de ellas (generalmente menos de 10) inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas (Ceballos y Cruz, 2002).

Si se corta transversalmente una raíz de yuca se muestran dos divisiones principales; la corteza externa llamada también súber o corcho y la corteza interna que está formada por felodermis (tejido vivo en constante división) que no lleva esclerénquima como en el tallo (Pérez, 1987).

2.4.2 Descripción del tallo

Ceballos y Cruz (2002), señalan que los tallos son particularmente importantes en la yuca, pues son el medio que se utiliza para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie. Es cilíndrico y está formado por la alternación de nudos y entrenudos, su diámetro varía de 2 a 6 centímetros y se pueden observar tres colores básicos del tallo maduro: gris plateado, morado y amarillo verdoso. Tanto el diámetro como el color de los tallos varían significativamente con la edad y variedad de la planta.

El color del tallo, a los 6 - 8 meses de desarrollo se manifiesta como: rojo claro, rojo oscuro, marrón, verde oscuro, verde claro o amarillo. Las estacas plantadas dan origen, preferentemente en su extremo apical, a uno o varios tallos. Cada tallo, puede ramificarse, a cierta altura del suelo, constituyendo la ramificación primaria, donde el tipo que predomina en la yuca cultivada es de tres ramificaciones, siendo este un carácter importante desde el punto de vista agronómico, especialmente para efectuar labores de escarda. (Montaldo, 1985).

2.4.3 Descripción de las hojas

Las hojas son caducas, es decir que se mueren y se desprenden de la planta a medida que esta se desarrolla, son simples y están compuestas por la lámina foliar y el peciolo. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada. El número de lóbulos en una hoja es variable y por lo general es impar, oscilan entre tres y nueve. Los lóbulos miden entre 4 y 20 cm de longitud y entre 1 a 6 cm de ancho; los centrales son de mayor tamaño que los laterales (Ceballos y Cruz, 2002).

Las hojas maduras son de diferentes colores: morado, verde oscuro y verde claro, el tamaño es una característica típica de cada variedad, aunque depende mucho de las condiciones ambientales. Las hojas producidas en los primeros 3 - 4 meses de vida de la planta son más grandes que las producidas luego del cuarto mes (CIAT, 2002).

El haz de la hoja está cubierta por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaco y en él se encuentran localizados la mayoría de los estomas, aunque algunas variedades también presentan abundantes estomas en el haz (CIAT, 2002).

2.4.4 Descripción del fruto

Es una cápsula tricarpelar, provista de seis alas y se abre por seis valvas en la madurez, lo que por lo general, se produce a partir de los cinco meses (Pérez 1987, Ceballos y Cruz, 2002).

El fruto cortado transversalmente presenta un epicarpio, un mesocarpio y un endocarpio. El pericarpio es leñoso y con tres lóbulos, cada uno con una sola semilla; cuando el fruto está maduro y seco, el pericarpio se abre liberando y dispersando las semillas. Con separación de los tejidos tanto a lo largo de la nervadura en el medio de cada lóbulo del fruto, con entre las separaciones entre los mismos (Ceballos y Cruz, 2002).

Al madurar la semilla, el epicarpio y el mesocarpio se secan. El endocarpio que es de consistencia leñosa se abre bruscamente cuando el fruto está maduro y seco para liberar y dispersar a distancia las semillas (SADRB, s.f.).

2.4.5 Descripción de la semilla

La semilla tiene forma elíptica de 1 - 1.5 cm. de longitud, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color café con moteado gris. En la parte externa, especialmente si se trata de semilla nueva, se encuentra la carúncula, estructura que se pierde una vez que la semilla ha caído al suelo. El extremo opuesto de la carúncula termina en una pequeña cavidad, posee una testa de color gris, algunas veces jaspeado con manchas oscuras. Los reportes sugieren que la germinación de la semilla requiere tiempo (Ceballos y Cruz, 2002).

Un requisito indispensable para obtener material vegetal de buena calidad es conocer la procedencia y el comportamiento de este material. Las mejores estacas son aquellas que provienen de plantas sanas, vigorosas y recién cosechadas. El material de siembra se

debe almacenar en lugares sombreados, secos y en posición vertical para evitar la brotación. El corte de las estacas se realiza uno o dos días antes de la siembra (Aguilar, 2016)

La obtención de semillas de buena calidad (estacas), es necesario seleccionar plantas maduras, vigorosas, altamente productivas y sanas, provenientes de cultivos con un buen manejo agronómico (Lozano, 1987, citado por Clayuca, et al., 2015).

2.4.6 Descripción de la inflorescencia

No todas las variedades de yuca florecen en las mismas condiciones ambientales, y entre las que lo hacen hay una marcada diferencia en cuanto el tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. El ambiente influye considerablemente en la inducción de la floración. Como todas las especies del género *Manihot*, la yuca es una planta monoica, es decir con flores unisexuales masculinas y femeninas en una misma planta y generalmente, en la misma inflorescencia (Ceballos y Cruz, 2002).

Cada inflorescencia posee 50 - 60 flores monoperiantadas (monoclamídeas). Las flores femeninas están en la base de la inflorescencia y son pocas; las flores masculinas se encuentran en la parte alta de la inflorescencia y son abundantes, la proporción es de 6 - 10 flores masculina por flor femenina (Ceballos y Cruz, 2002).

Las flores de la yuca son muy modestas y sencillas. No presentan ni cáliz ni corola, sino que hay cinco tépalos (algo intermedio a los sépalos y pétalos en las flores completas). Los tépalos pueden ser amarillos, rojizos o morados, y en las flores femeninas se encuentran totalmente separado el uno del otro hasta su base, cosa que no sucede en las masculinas. La flor masculina es esférica, con un diámetro de aproximadamente 0.5 cm (Ceballos y Cruz, 2002).

Presenta un pedicelo recto y muy corto, mientras que el de la flor femenina es más gruesa y larga. La flor femenina es ligeramente más grande que la masculina, sobre todo en el eje longitudinal (Ceballos y Cruz, 2002).

La flor femenina tiene en su interior un disco menos lobulado que el de la flor masculina, el cual descansa sobre la pared central del ovario. El ovario es súpero, dividido en tres carpelos que contiene cada uno un óvulo individual, penduloso, anátropo y el micrópilo dirigido hacia arriba. Sobre el ovario se encuentra el estilo muy pequeño que da origen a un estigma compuesto de tres lóbulos ondulado y carnoso. Las flores masculina y femeninas no polinizadas, generalmente se desprenden una vez se inicia el proceso de maduración de los frutos (Ceballos y Cruz, 2002).

2.5 Contenido nutricional de la yuca

El rendimiento energético de las raíces de yuca es generalmente muy alto, y potencialmente mucho mayor que la de los cereales. Las hojas de la planta son nutritivas y se consumen en algunas sociedades, es similar al de otras hojas verde oscuro, como fuente de caroteno (vitamina A), vitamina C, hierro, calcio y algo de proteína. Sin embargo, la yuca tiene la gran desventaja de contener pocos nutrientes y muchos carbohidratos (Latham, 2002).

No es apta como fuente principal de energía para las criaturas o niños pequeños, debido a su bajo contenido de proteína. La yuca contiene menos del 1 por ciento de proteína, significativamente menos que el 10 por ciento en el maíz y otros cereales, también tiene mucho menos hierro y vitaminas B que los granos de cereales (Latham, 2002).

La yuca, y en particular las variedades amargas, a veces contienen un glucósido cianogénico. Esta sustancia venenosa se encuentra cerca de la capa externa del tubérculo, por lo tanto pelar la yuca ayuda a reducir el cianuro. La yuca luego se lava o se hierve en agua que luego se deshecha, lo que reduce los niveles de cianuro. Además, se puede reducir la toxicidad de las raíces de la yuca al molerla, rayarla y fermentarla. Los efectos tóxicos tienden a presentarse en los lugares donde no se utilizan estas prácticas. El consumo de yuca se ha relacionado con el bocio y trastornos por carencia de yodo (Latham, 2002)

Cuadro 4: Composición en 100 gramos de porción comestible de alimento

Valor energético (kcal)	Contenido
Agua (%)	65,2
Proteína (%)	1
Grasa (%)	0,4
Carbohidratos totales (%)	32,8
Fibra (%)	1
Cenizas (%)	0,6
Calcio (mg)	40
Fósforo (mg)	34
Hierro (mg)	1,4
Tiamina (mg)	0,05
Riboflavina (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,6
Ácido ascórbico (mg)	19
Porción no comestible (%)	32

Fuente: (Agricultura Ecológica, s.f.)

2.6 Variedades de yuca utilizadas para la investigación

En el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) “El Vallecito” se cuenta con una colección de 64 cultivares de yuca, este germoplasma se mantiene en campo. Los principales clones son: Rama negra, Josesana, Moja rosada, Gancho, Chaparral, Rama verde, Moja blanca, Morada, Amarilla, yema de huevo los mismos ya han sido seleccionados por sus cualidades según sea la industria o para consumo de yuca fresca. Cabe mencionar que también entre estas se encuentran variedades con pulpa amarilla, las cuales tienen un contenido nutricional superior a las demás, por la presencia de Beta caroteno o provitamina A, en su composición (Vaca, 2020).

En el Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Gabriel Rene Moreno, menciona que en Bolivia existen alrededor de 60 tipos de yuca. Tanto la yuca blanca como la yuca amarilla pueden ser cultivadas en los valles bolivianos sin ninguna dificultad, de hecho al ser una planta propiamente de los valles y húmedos es muy fácil de cultivar (Mejía, 2019).

Entre los nombres de las variedades recolectadas se encuentran: la Porongueña, Rama negra, la Hoja menuda, la Majo, la Yema de huevo, la Chiquitana blanca, Chiquitana amarilla, Josesana y muchas otras más. También se ha cultivado en los Valles en la zona

de Quirusillas y Vallegrande (Masicurí), por lo cual es un cultivo muy noble que se encuentra prácticamente en todo el departamento de Santa Cruz y se espera que a partir de este proyectos de investigación que vienen realizando se pueda difundir a otras regiones del País (Mejia, 2019).

2.6.1 Variedad 1 - Rosadita (MVB41044)

Se trata de cultivar de yuca de mesa la pulpa presenta pigmentos rosados. Este cultivar presenta productividad promedia de raíces de hasta 30 toneladas por hectárea en ensayos experimentales. En función de su precocidad a cultivar puede ser cosechado desde los 9 después de la siembra. Presenta una altura de planta que llega a los 2,20 m y de 0,70 m de altura de la primera ramificación, debido a esta característica debe evitarse su plantación muy densa (Vaca, 2020).



Figura 1: Variedad 1 - Rosadita

2.6.2 Variedad 2 - Brasil 1 (MVBBR017)

Variedad procedente del Brasil. Se trata de cultivar de yuca de pulpa blanca, debido a su sabor amargo, por su elevado contenido de ácido cianhídrico que le da esa condición, está orientada para procesos industriales (harina de yuca, almidón), no recomendada para su consumo directo por las personas y animales. Con un rendimiento promedio de 25 tn/ha en ensayos experimentales (Vaca, 2020).

Cosecha a los 12 meses después de la siembra que permite aprovechar mejor la productividad de almidón. Por tener una arquitectura poco ramificada, permite que las labores culturales sean más fáciles de realizar, facilita la siembra mecanizada además de una mayor densidad de plantación y cobertura del suelo (Vaca, 2020).



Figura 2: Variedad 2 - Brasil 1

2.6.3 Variedad 3 - Huajarajeña (MVB41055)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa blanca. Este cultivar presenta productividad promedio de raíces de hasta 35 toneladas por hectárea en ensayos experimentales. En función de su precocidad a cultivar puede ser cosechado desde los 9 meses después de la siembra. El cultivar presenta baja altura de la primera ramificación (0,45 m), de esta forma debe evitarse su plantación muy densa (Vaca, 2020).

2.6.4 Variedad 4 - Rama verde (MVB41058)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa blanca. Este cultivar presenta productividad promedio de raíces de hasta 30 toneladas por hectárea en ensayos experimentales. En función de su precocidad este cultivar puede ser cosechado desde los 9 meses después de la siembra (Vaca, 2020).

El cultivar presenta una arquitectura poco ramificada lo que permite realizar las labores culturales más fácilmente, además que puede ser asociada con cultivos como el frejol y el maíz, apta para siembra mecanizada. Presenta la desventaja que una vez cosechada los tallos para la próxima siembra son susceptibles a un rápido deterioro (Vaca, 2020).



Figura 3: Variedad 4 - Rama verde

2.6.5 Variedad 5 - Pelecho morado (MVB41030)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa blanca. Este cultivar presenta productividad promedio de raíces de hasta 30 toneladas por hectárea en ensayos experimentales. En función de su precocidad a cultivar puede ser cosechado desde los 9 meses después de la siembra. El cultivar presenta una arquitectura de ramificación media, planta compacta. Las raíces suelen sobrepasar los 40 cm de longitud (Vaca, 2020).



Figura 4: Variedad 5 - Pelecho morado

2.6.6 Variedad 6 - Arrobera (MVB41032)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa blanca. Este cultivar presenta productividad promedio de raíces de hasta 35 toneladas por hectárea. En función de su

precocidad a cultivar puede ser cosechado desde los 9 meses después de la siembra. El cultivar presenta una arquitectura poco ramificada lo que permite realizar las labores culturales más fácilmente, además que puede ser asociada con cultivos como el frejol y el maíz, apta para siembra mecanizada (Vaca, 2020).



Figura 5: Variedad 6 - Arrobera

2.6.7 Variedad 7 - CM 6740-7 Reina (MVBCO052)

Variedad procedente de Colombia. Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa blanca. La productividad promedio de raíces de hasta 25 toneladas por hectárea. Es un cultivar más bien tardío puede ser cosechado desde los 12 meses después de la siembra. Presenta una arquitectura poco ramificada lo que permite realizar las labores culturales más fácilmente, además que puede ser asociada con cultivos como el frejol y el maíz (Vaca, 2020).

2.6.8 Variedad 8 - Amarilla (Nativa de la región)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa amarilla. Este cultivar presenta productividad promedio de raíces de hasta 30 toneladas por hectárea en ensayos experimentales. En función de su precocidad este cultivar puede ser cosechado desde los 7 meses para el consumo familiar y a los 9 para el comercio después de la siembra.

El cultivar presenta una arquitectura de ramificación media lo que dificulta realizar las labores culturales, además que puede ser asociada con cultivos como el frejol y el maíz, apta para siembra mecanizada (EES, 2020).



Figura 6: Variedad 8 – Amarilla (Nativa de la región)

2.6.9 Variedad 9 - Señorita (Santa Cruz)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa blanca. Este cultivar presenta productividad promedia de raíces de hasta 30 toneladas por hectárea. En función de su precocidad este cultivar puede ser cosechado desde los 9 después de la siembra. El cultivar presenta una arquitectura poco ramificada lo que permite realizar las labores culturales más fácilmente, además que puede ser asociada con cultivos como el frejol y el maíz en la primera etapa del cultivo, apta para siembra mecanizada (EES, 2020).



Figura 7: Variedad 9 – Señorita (Santa Cruz)

2.6.10 Variedad 10 - Amarilla Criolla (Nativa de la región)

Se trata de cultivar de yuca de mesa de pulpa amarilla, una variedad nativa de la comunidad Santa Ana de Mosetenes. Este cultivar presenta productividad promedio de raíces de hasta 12.5 toneladas por hectárea. En función de su precocidad este cultivar puede ser cosechado desde los 8 meses después de la siembra. El cultivar presenta una arquitectura de ramificada lo que dificulta realizar las labores culturales. Presenta la desventaja que son una variedad de porte pequeño, de raíces pequeñas, es más para el consumo familiar que para el comercio.

A continuación se describe de manera resumida las diferentes variedades de yuca y sus características sobresalientes.

Cuadro 5. Descripción de las variedades

No	Variedades	Código de accesión	Origen	Lugar de Origen	Institución de Colecta	Institución de Custodia
1	Rosadita	MVB4104	Bolivia	Santa Cruz	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
2	Brasil 1	MVBRR017	Brasil	Brasil	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
3	Huajarajeña	MVB41055	Bolivia	Santa Cruz	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
4	Rama verde	MVB41058	Bolivia	Santa Cruz	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
5	Pelecho morado	MVB41030	Bolivia	Santa Cruz	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
6	Arrobera	MVB41032	Bolivia	Santa Cruz	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
7	CM-6740-7 (Reina)	MVBCO052	Colombia	Colombia	IIA "El Vallecito"	IIA "El Vallecito"
8	Amarilla	Amarilla	Bolivia	San Miguel de Huachi, La Paz	E.E.S.	E.E.S.
9	Señorita	Señorita	Bolivia	Santa Cruz	E.E.S.	E.E.S.
10	Amarilla Criolla	Amarilla C.	Bolivia	Santa Ana de Mosetenes, La Paz	E.E.S.	E.E.S.

Fuente: Elaboración propia y Vaca, (2020)

Cuadro 6: Características principales de las variedades

No	Variedad	Color externo raíz	Color corteza raíz	Textura raíz	Color pulpa	Facilidad de pelado	Tiempo de cocción (minutos)	Sabor (dulce – Amargo)
1	Rosadita	Crema	Crema	Lisa	Rosada	Fácil	15-20 min.	Dulce
2	Brasil 1	Marrón oscuro	Crema	Rugosa	Blanca	Fácil	20-25 min.	Amargo
3	Huajarajeña	Marrón oscuro	Crema	Rugosa	Blanca	Fácil	25-30 min	Dulce
4	Rama verde	Marrón oscuro	Blanca	Rugosa	Blanca	Fácil	15-20 min	Dulce
5	Pelecho morado	Marrón oscuro	Blanca	Rugosa	Blanca	Difícil	20-25 min	Dulce
6	Arrobera	Marrón oscuro	Rosada	Rugosa	Blanca	Fácil	20-25 min	Dulce
7	CM-6740-7 (Reina)	Marrón oscuro	Crema	Rugosa	Blanca	Fácil	20-25 min	Dulce
8	8. Amarilla	Marrón oscuro	Crema	Rugosa	Amarilla	Fácil	15-20 min.	Dulce
9	Señorita	Marrón oscuro	Blanca	Rugosa	Blanca	Fácil	15-20 min.	Dulce
10	Amarilla Criolla	Marrón oscuro	Crema	Rugosa	Amarilla	Fácil	15-20 min.	Dulce

Fuente: Elaboración propia y Vaca, (2020)

2.7 Hábito de crecimiento de la planta de la yuca

2.7.1 Etapas de crecimiento de la planta

Quirós y De Diego (2006) describen el ciclo de crecimiento de la yuca que se puede dividir en tres etapas:

2.7.1.1 Etapa de crecimiento lento

Esta etapa comprende desde la siembra hasta los 60 días después de la siembra (dds), se caracteriza por la brotación de las estacas, las cuales forman primero raíces (5 - 7 dds) y posteriormente se desarrollan los tallos y las hojas. El crecimiento de estas estructuras es lento; durante los primeros meses los productos de la fotosíntesis son utilizados por estos órganos para su crecimiento.

2.7.1.2 Etapa de máximo crecimiento

Este periodo abarca desde los 60 hasta los 150 dds. En esta fase los tallos se ramifican y las hojas crecen, alcanzando su máximo crecimiento a los 150 dds. Durante esta fase se lleva a cabo la mayor producción de biomasa y se alcanza el mayor índice de área foliar. Además, a los 75 dds se inicia el proceso de formación de las raíces de almacenamiento y posteriormente se da la fase inicial del llenado o engrosamiento de esas raíces.

2.7.1.3 Etapa de senescencia

Esta etapa va desde los 150 dds a la cosecha, ésta fase se caracteriza por una disminución en la biomasa aérea, debido a un menor crecimiento de la producción de tallos y hojas. Disminuye el tamaño de las hojas, pero no su cantidad. Sin embargo, después de los 210 dds se reduce la producción de hojas, lo que acelera el proceso de senescencia de la planta e incrementa la translocación de foto asimilados a las estructuras de reserva o raíces de almacenamiento (Quirós y De Diego, 2006).

En la figura 8, se presenta un bosquejo del ciclo de crecimiento de la yuca con sus respectivas características (Hernández, 2014).

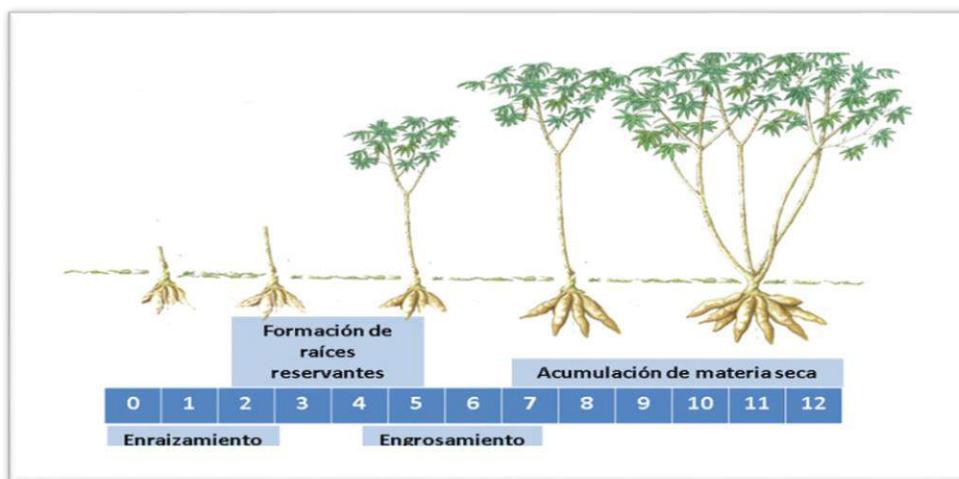


Figura 8: Ciclos de crecimiento de la yuca (Hernández, 2014)

2.7.2 Crecimiento de la raíz

Cadavid (2011), señala que en el crecimiento de las raíces tuberosas también se pueden diferenciar tres fases:

2.7.2.1 Fase de tuberización

Inicia a los 30 - 45 días, hasta el tercer o cuarto mes. En esta fase se determina la cantidad de raíces tuberosas que tendrá la planta y la cantidad de ellas que engrosarán. En esta fase se inicia la acumulación de materia seca y almidón.

2.7.2.2 Fase de engrosamiento

Inicia en el tercer o el cuarto mes después de la siembra y termina en el sexto o séptimo mes.

2.7.2.3 Fase de acumulación

Inicia en el quinto o el sexto mes y se extiende hasta el final del ciclo. Esta fase es importante para la planta, pues si se afecta el área foliar, se afecta el contenido de materia seca y el rendimiento final (Cadavid, 2011).

2.8 Distancia de siembra y densidad poblacional

La selección de la distancia de siembra depende de la variedad, la fertilidad del suelo, la mecanización y el mercado destino. La distancia de siembra varía de 0,4 a 1,0 m entre plantas y de 1,0 a 1,5 m entre surcos o lomillos. En la siembra en plano se puede utilizar una distancia de 0,5 a 0,6 m entre plantas y 1,0 m entre calles. En suelos pobres se recomienda sembrar de 8000 a 10 000 plantas por hectárea, usando mayores distancias entre plantas. En suelos fértiles una densidad óptima oscila entre 17 000 y 20 000 plantas por hectárea para siembras comerciales (Aguilar et al., 2016).

Generalmente se siembra las estacas de 1 x 1 metro. Sin embargo se recomienda plantar en filas dobles con el recuadro de 2 x 0,60 x 0.6 metros. Uno de los problemas en el cultivo de la yuca es que los agricultores arrancan las plantas más gruesas de acuerdo a

la necesidad, mientras que las más débiles quedan para el último, y precisamente de ellas obtiene posteriormente las estacas para la siguiente plantación, lo que a mediano plazo se pierden los clones más vigorosos, ya que se multiplican los individuos más débiles. Por ello es importante reservar un número de plantas fuertes y vigorosas para la obtención de las estacas (Unterladstaetter, 2005).

El marco de siembra de la yuca va a depender de la variedad utilizada. Las variedades de porte alto, requieren distancias mayores que las utilizadas para las variedades de porte medio y bajo. La distancia entre hileras va desde 70 a 90 cm y la distancia entre plantas sobre hilera simple es de 60 a 90 cm (Valdez y Hernández, 2014).

Para reducir la competencia entre plantas, es conveniente que estas se coloquen en forma de tresbolillo. En la siguiente Tabla, se indica de manera general las distancias de siembra y la cantidad de plantas por superficie, según el porte de las variedades (Valdez y Hernández, 2014)

Cuadro 7. Marcos de siembra en función del porte de la planta

Porte de la variedad	Distancia entre planta (cm)	Distancia entre planta (cm)	Cantidad de planta/ha
Alto	70 a 90	110 a 130	10160 a 11056
Medio y bajo	60 a 70	100 a 120	14368 a 18368

Fuente: Marco de siembra (Valdez y Hernández, 2014)

2.9 Requerimientos edafoclimáticos.

2.9.1 Clima

La yuca es una especie de origen tropical y prefiere climas calientes y húmedos, puede ser cultivada entre los 30° de latitud sur y norte. La yuca o mandioca es resistente a las sequías, y por lo general es cultivada en suelos marginales que ya no son lo suficientemente fértiles para el cultivo del maíz o el arroz o cualquier otra especie, (Unterladstaetter, 2005).

2.9.2 Altitud

La planta de yuca crece bien hasta los 1.200 metros sobre el nivel del mar (msnm). En el país, las variedades comerciales de yuca se siembran entre los 100 y 500 msnm. En zonas con alturas mayores a 500 msnm, presentado mejor adaptación y mayores rendimientos para consumo fresco. (Valdez y Hernández, 2014).

En la región ecuatorial puede ser cultivada hasta los 2000 msnm. En altitudes superiores a los 1200 metros, provoca un rápido deterioro de la raíz después de la cosecha y un pobre desarrollo, (Unterladstaetter, 2005).

2.9.3 Precipitación

La planta de yuca requiere entre 700 y 1500 mm de lluvia, bien distribuido durante todo el ciclo del cultivo. Aunque la yuca muestra tolerancia a niveles inferiores de lluvia en relación a otros cultivos, la falta de humedad en el suelo provoca amarillamiento, flacidez de los pecíolos y caída prematura de las hojas bajas (Valdez y Hernández, 2014).

Mientras Unterladstaetter (2005), señala que las condiciones ideales es de 1000 a 2500 mm de lluvia bien distribuida durante el año, especialmente al inicio de la brotación. Aunque es resistente a la sequía la yuca requiere de un mínimo de 350 mm de pp. El rendimiento óptimo se obtiene con una precipitación entre 1200 – 1500 mm.

2.9.4 Temperatura

Las mejores temperaturas para el buen desarrollo del cultivo se registran entre 25 y 30°C. Temperaturas por debajo de 25°C alargan el ciclo de cultivo, debido a la menor producción y tamaño de hojas, además favorecen el ataque de Cercospora, que provoca defoliación. En cambio temperaturas altas, entre 31 y 34°C aumentan el número de hojas por ramas y su tamaño, pero disminuye su vida útil. Temperaturas por debajo de 16 °C y superiores a los 34 °C detienen el crecimiento de la planta Montaldo (1991), citado por Valdez y Hernández (2014).

Las condiciones consideradas como ideales para el cultivo de la yuca son aquellas donde se tienen de 18° a 25° C de temperatura medias anuales, siendo los rendimientos óptimos con temperaturas medias de 23° - 24° C, con dos a tres meses de temporada seca. La yuca no tolera heladas, temperaturas inferiores a 6° C pueden perjudicar a la mayoría de las variedades, sin embargo si las plantas no son severamente dañadas por las heladas, rebrotan después del corte de las ramas (Unterladstaetter, 2005)

2.9.5 Suelo

La preparación del terreno es una de las labores más importantes del cultivo de yuca, que requiere suelos sueltos, profundos, bien drenados y libres de obstáculos para permitir un adecuado desarrollo de las raíces tuberosas y facilitar la cosecha. Se puede realizar por medio mecánico o por medio de la tracción animal (Aguilar, 2016).

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

Según Unterladstaetter (2005), la yuca no es exigente en suelos mientras que no sean muy pesados, puede ser cultivada en suelos arenosos a francos, los suelos arcillosos no le favorecen en absoluto, el encharcamiento aun por muy corto tiempo, es totalmente negativo para el cultivo. Los mejores suelos son los sueltos, aireados, medianamente fértiles y profundos con nivel freático bajo, muy bien drenados y con pH de 5.5 a 7.5.

2.9.6 Topografía

Se sugiere sembrar solo en áreas planas o en terrenos con pendiente inferior al 15%. La siembra en terreno inclinado o de ladera, solo se recomienda si se realizan prácticas de conservación del terreno: siembra en contorno, barreras vivas, etc., pues el cultivo de yuca, por su lento establecimiento, no protege el suelo de la erosión (CIAT, 1987).

2.10 Malezas, plagas y enfermedades del cultivo de la yuca

Las malezas representan un problema de importancia económica en el cultivo de yuca. Constituyen un factor limitante para el desarrollo y productividad del mismo, porque compiten por luz, nutrientes y agua. Con respecto a las plagas y enfermedades son las más frecuentes y de mayor implicación económica para el cultivo de yuca (Valdez & Hernández, 2014)

2.10.1 Control de malezas

La yuca es sensible al enmalezamiento ya que esto ocasiona competencia por nutrientes, lo cual repercute en el rendimiento final, debido a esto, los primeros cuatro meses es esencial mantener la limpieza del cultivo, luego la planta cubre el suelo y no permite crecer a las malas hierbas, dependiendo de la arquitectura de la planta, se realizan se realizan de dos a tres carpidas de forma manual (Vaca, 2020).

Es importante realizar un adecuado control de malezas, que puede ser manual, químico o mixto. Constituyen un factor limitante para el desarrollo y productividad del mismo, porque compiten por luz, nutrientes y agua. Con un control cultural eficiente de las malezas, buena nutrición y condiciones ambientales favorables, el follaje de la yuca tarda entre dos y tres meses para cubrir la superficie del suelo. Sin embargo, la planta de yuca en competencia con las malezas, puede tardar hasta cinco meses o no llegar a la cobertura total del suelo (Fletcher, 1983).

En la yuca, los tres primeros meses son críticos para el establecimiento del cultivo, en consecuencia si no se controlan las malezas, estas limitan el desarrollo de la planta, el diámetro del tallo, el perímetro promedio de raíces y los rendimientos de forma significativa. Una opción de control de malezas es el uso de coberturas con leguminosas como frejol, kudzu, chicharrilla o canavalia, que se siembran entre las hileras alrededor de un mes después de la siembra. Las malezas ocasionan pérdidas entre 10 y 30%; pudiendo alcanzar hasta el 80% de la productividad del cultivo, en casos extremos (Fletcher, 1983).

2.10.2 Plagas que causan daño al cultivo de la yuca

Los insectos fitófagos que tienen preferencias alimentarias por las especies cultivadas tienen la capacidad de provocar pérdidas en las cosechas que pueden llegar hasta el 100% si no se toman medidas de control de manera oportuna (Vargas, 2012).

Otras plagas que atacan en América son la mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis* y *A. aepim*), el gusano cachón (*Erinnys ello*), el barrenador del tallo (*Chilomina clarkei*), los minadores (*Sternocoelus manihoti* y *Tropidozineus fulveolus*), los trips (*Frankliniella williamsi*) y los chinches de encaje (*Vatiga manihoti*, *V. illudens* y *Amblydtira machalana*); El ácaro verde (*Mononychellus tanajoa*) (América y África) y el piojo harinoso (*Phenacoccus manihoti* y *P. herreni*) son la causa del mayor daño en África; (Jorge, 2008, citado por Torres, 2010).

La principal plaga de la yuca es la larva de *Erinnys ello*, que puede defoliar completamente las plantas. El adulto hembra mide 90 mm y pone huevos hasta 1400 huevos por vez, puede ser atrapada con trampas de luz y fuentes de aceite donde cae y muere. Las larvas se controlan naturalmente con *Baculovirus erinnys*, o con las avispas de chaturubices, *Polystes* ssp., y *Polybia sericeae*. Varias cochinillas y escamas también suelen causar daño, especialmente en periodos secos (Unterladstaetter, 2005)

2.10.2.1 El Gusano cachón (*Erinnys ello*)

Es una especie que tiene una amplia adaptación climática y rango de hospederos. Las larvas de este lepidóptero pueden ser de color amarillo, verde o negro; se alimentan de las hojas y tallos; pueden defoliar la planta entera. Los ataques repetidos de esta plaga causan pérdidas importantes en el rendimiento. Pupan en el suelo. Los adultos son de hábitos nocturnos (Aguilar et al., 2016).

Los plaguicidas son efectivos si se tratan durante los primeros tres estadios de la larva, luego son difíciles de controlar. Para dar una respuesta positiva de los controladores biológicos, es importante monitorear las poblaciones del gusano, para detectarlo en los primeros estadios (Aguilar et al., 2016).

Control biológico, utilizando parasitoides como *Trichogramma sp.*, braconidos como *Cotesia americana*, depredadores como *Chrysopa sp.*, chinches como *Pidissus sp.*, algunas especies de arañas, microorganismos como *Bacillus thuringiensis*, *baculovirus* y hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. También se pueden realizar labores de deshierba o mover el terreno, ya que los estados inmaduros de este insecto mueren al exponerse a la radiación solar (Aguilar et al., 2016).

2.10.2.2 La Agalla de la hoja (*Latrophobia brasilensis*)

La Agalla de la hoja (*Latrophobia brasilensis*), esta plaga pertenece a la familia Cecidomyiidae. Su principal daño es la malformación de las hojas de yuca y produce agallas, lo que disminuye la capacidad fotosintética de la planta (Rivera 2011, citado por, Aguilar et al., 2016).

Los adultos de este pequeño insecto se encuentran en la superficie foliar donde depositan sus huevos. La larva genera un crecimiento celular anormal formando agallas de color amarillo verde a rojo que son angostas en la base y de forma generalmente curva. Una vez completado su ciclo de vida el adulto emerge de la agalla y vuela a reproducirse. Es considerada de poca importancia económica (Aguilar et al., 2016).

2.10.2.3 Hormigas cortadoras de hojas (*Atta sp.*),

Son especies de hormigas que se reportan en una alta población que produce una defoliación de las plantas. Ellas hacen cortes semicirculares a las hojas y pueden cortar las yemas (Aguilar et al., 2016)

Control biológico: El manejo de las hormigas se puede realizar mediante el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma spp.* (Hongo antagonista), que actúa sobre el hongo que cultivan las hormigas.

Control natural: Extractos vegetales de higuierilla y ajíes picantes (Aguilar et al., 2016).

2.10.2.4 Trips

Los trips son insectos muy pequeños, de color amarillo, verde claro o dorado, de aproximadamente 1,5 mm de longitud que atacan los brotes y las hojas tiernas. Cuando el daño es muy severo, los puntos de crecimiento mueren y se estimula el crecimiento de nuevos retoños laterales, lo que resulta en una apariencia de super brotamiento.

El ataque de esta plaga es más fuerte durante los periodos secos, y a veces puede ser confundida con la enfermedad conocida como sarna de la yuca, debido a las deformidades que exhiben las hojas(Aguilar et al., 2016).

Control cultural: Se utiliza la rotación de cultivos y mantener sus alrededores libres de hospederos y desechos del cultivo. También se debe realizar un manejo adecuado de los niveles hídricos, principalmente durante la estación seca, y manejar una adecuada nutrición de las plantas, (Aguilar et al., 2016).

Control biológico: Se utilizan depredadores como chinches de la familia Lygeidae y cotorritas de la familia Coccinellidae (Aguilar et al., 2016).

2.10.3 Enfermedades del cultivo de la yuca

En suelos fértiles y con tendencia a encharcarse las enfermedades que se pueden presentar son: *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp., y *Erwinia* sp., causa en algunos casos la pérdida del 100% de la cosecha. El control debe ser el cultural, preferentemente la rotación de cultivos, la selección y desinfección de estacas, el cultivo de variedades resistentes (Unterladstaetter, 2005).

2.10.3.1 La pudrición bacterial del tallo (*Erwinia carotovora pv carotovora*),

La pudrición bacterial del tallo, es de baja incidencia en las plantaciones. En los entrenudos del tallo se observan perforaciones alargadas, rodeadas por un exudado, hechas por insectos del género *Anastrepha*, agentes diseminantes de la bacteria. Las plantas afectadas muestran marchitez del cogollo (Ospina y Ceballos, 2002, citado por Aguilar et al., 2016).

2.10.3.2 Pudrición seca del tallo y la raíz.

Es un enfermedad fúngica, causada por *Diplodia manihotis*, aparece una pudrición radical que conllevará a la muerte de la planta. También ataca el material de propagación almacenado, sobre todo en condiciones de alta humedad relativa, y a los restos de tallos que se han dejado en el terreno. Para controlar la enfermedad se recomienda la rotación con cultivos como maíz o sorgo. Se deben utilizar estacas sanas en la plantación desinfectando adecuadamente las herramientas. (InfoAgro.com, s.f.)

2.10.3.3 Sarna o súper alargamiento de la yuca (*Sphaceloma manihoticola*)

Su mayor incidencia se registra en la época de lluvia. El tallo afectado es delgado y débil, generan una disminución significativa del rendimiento cuando la incidencia se manifiesta desde las primeras etapas del cultivo. Crece inicialmente sobre la epidermis del hospedante, invade los espacios intercelulares de los tejidos de la epidermis y la corteza, donde se producen giberelinas, que promueven el crecimiento exagerado de los entrenudos de la planta (Aguilar *et al.*, 2016).

Los síntomas son chancros elípticos que sobresalen en el tejido normal en hojas, tallos y pecíolos, su tamaño varía dependiendo de la parte afectada, la edad y las condiciones favorables para su desarrollo; además, se observa distorsión o enroscamiento de las hojas jóvenes y chancros en las nervaduras, visibles en el envés (Álvarez y Mejía, 2004, citados por Aguilar *et al.*, 2016).

Manejo y control: Entre las medidas preventivas se encuentran la selección de estacas sanas, la resistencia varietal y el tratamiento de las estacas en soluciones con cobre (Ospina y Ceballos, 2002).

2.10.3.4 Mancha parda (*Cercospora henningsii*)

La mancha parda es una enfermedad fungosa que provoca lesiones color café rojizo o marrón en las hojas del cultivo de la yuca, son de forma irregular, al centro de la mancha se torna de color gris-oliváceo y alrededor presenta un halo de amarillento. Conforme la

enfermedad avanza las hojas presentan un amarillamiento uniforme, seguidamente se secan y termina defoliando la planta; provocando pérdidas en el rendimiento. (Ospina y Ceballos, 2002).

El control cultural se realiza seleccionando materiales reproductivos de plantaciones sanas o variedades resistentes, prácticas agronómicas que reduzcan los excesos de humedad. El control químico se realiza con aplicaciones de fungidas a base de óxido de cobre y oxiclورو de cobre en mezcla con aceite mineral para aumentar su eficacia (Ospina y Ceballos, 2002).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

3.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Sapecho (EES), municipio de Palos Blancos cuarta sección de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, se encuentra localizado a 239 Km de distancia de la ciudad de La Paz, para su acceso desde la sede de gobierno se recorre un primer tramo hasta llegar a Sapecho (Ruta 3 de la Red Fundamental: La Paz – Trinidad), para continuar hacia el desvío que se dirige a la localidad de Covendo y que pasa por la capital del municipio la ciudad de Palos Blancos ubicado a 10 Km de Sapecho (Chipana, 2015), altura de 450 m.s.n.m., (EES, 2012).

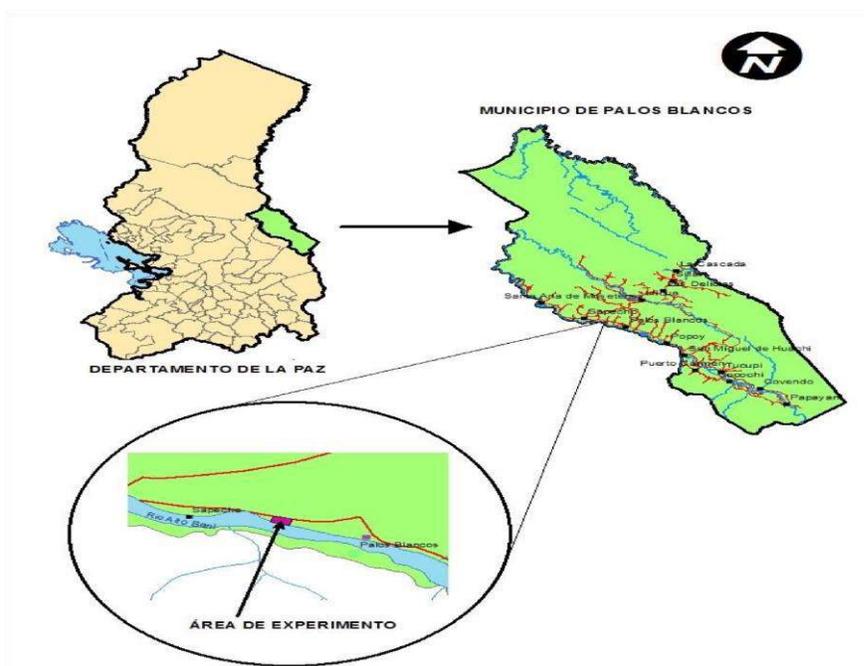


Figura 9: Ubicación Geográfica del Área del Experimento

Fuente: Elaboración propia, en base a Chipana, (2015)

3.1.2 Latitud y longitud

El municipio se encuentra a partir de los siguientes parámetros de ubicación: se ubica entre los 15°39'27'' de latitud sur y 67°09'29'' de longitud oeste, por lo que geográficamente se localiza en la región sub andina (CUMAT – COTESU, 1985).



Figura 10: Vista satelital del área del Experimento

Fuente: Elaboración propia en base a imagen satelital Google Earth (2020)

3.1.3 Relieve topográfico

La ubicación de la región correspondiente al área de transición entre los yungas y el trópico genera características propias entre ambas. La primera caracterizada por la presencia constante de serranías, laderas frecuentes a lo largo de su faja y ríos en quebradas profundas (Chipana, 2015).

En el segundo caso áreas con predominancia de pequeñas colinas y llanuras aluviales relativamente extensas. La conjunción de ambos conforman la región de Alto Beni con presencia de relieves como: serranías, laderas, colinas y llanuras relativamente amplias (Chipana, 2015).

El sector de Sapecho (Palos Blancos), está constituido por paisaje geomorfológico con anticlinal, cresta monoclinal y serranías medias, con disección ligera y fuerte. Sub paisaje conformado por colinas bajas con cimas redondeadas y terrazas aluviales, con pendientes de 10 a 15%, altura de 500 a 900 msnm con amplitud de relieve de 50 a 100 m el origen de la geoforma es estructural y deposicional. Geológicamente se hallan constituidas por conglomerados y areniscas, desde limosas hasta cuarzosas, de grano variable (UNODC, 2010).

3.1.4 Características climáticas

De acuerdo a datos meteorológicos pertenecientes a la Estación Experimental de Sapecho, se tiene registros para el área una temperatura promedio del ambiente de 26°C, con precipitaciones pluviales promedio son de 1800 mm y con respecto a la humedad relativa es de 80% (EES, 2012).

La caracterización de bosques identificados, clasificados según humedad y altitud la localidad de Sapecho-Palos Blancos, se encontraría en Bosque de llanuras y pie de monte (Mueller, Beck, & Lara, 2002).

3.1.5 Los suelos de Sapecho y del municipio de Palos Blancos

UNODC (2010), menciona que los suelos son moderadamente profundos a profundos. Los horizontes son de color pardo fuerte, pardo rojizo y rojo amarillento.

También menciona que los suelos están formados por horizontes A, B y C moderadamente desarrollados. La textura varía de moderadamente gruesa (franco arenoso), moderadamente fina (franco arcilloso) y fina (arcilloso). La estructura varía de bloques sin ángulos rectos a formas de migas, su adherencia varía de no adherente a adherente y su plasticidad varía de no plástico a plástico en mojado.

Como un promedio de pH de acuerdo al trabajo de Choque (2018) es de 5.56, afirmando que es relativo al requerido por el cultivo de yuca.

3.1.6 Principales cuencas en el área

Los cuatro párrafos que a continuación se detallan corresponden a PDM, 2012.

a) Cuenca del río Cotacajes, esta cuenca se origina en el departamento de Cochabamba con aporte de los afluentes; Colorado y Santa Elena en la provincia Ayopaya, los ríos Covendo, Hijini, Cocochi y varios arroyos. El Cotacajes ingresa al departamento de La Paz por el sector de Cogotay (Distrito Covendo) el trayecto que transcurre hasta unirse con el Boopi es de aproximadamente 44 km.

b) Cuenca del río Boopi, el principal afluente es el río La Paz que desciende por las provincias Murillo colinda entre las provincias Loayza, Sud Yungas e Inquisivi pasando los municipios de Irupana y La Asunta sector en el cual se lo denomina el Boopi hasta unirse con el Cotacajes, en el cual sirve de límite natural con la provincia Caranavi. La distancia de recorrida dentro el territorio de la cuarta sección es de 10,7 km.

c) Cuenca del río Alto Beni, la unión de las dos cuencas anteriores se denominado río Alto Beni, mismo que cuenta con el aporte de varios arroyos del municipio y principalmente el río Inicua en el sector de Inicua Bajo, el trayecto de recorrido en el límite municipal es cerca de 88 Km, hasta ingresar al departamento del Beni.

d) Cuenca del río inicua, nace en la parte posterior a Covendo en el trayecto es alimentado por diferentes arroyos que descienden de las alturas de ambos frentes en el Área V. La distancia aproximada que recorre hasta la unión con la cuenca del Alto Beni es de 105,5 km aproximadamente.

3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

Se utilizaron semillas (estacas), de 10 variedades de yuca las cuales fueron: siete variedades adquiridas del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” dependiente de la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM), departamento de Santa Cruz- Bolivia. V1 - Rosadita), V2 - Brasil 1, V3 - Huajarajeña, V4 - Rama verde,

V5 - Pelecho morado, V6 – Arrobera y V7 CM 6740-7 Reina. Tres variedades locales de Alto Beni; V8 - Amarilla, V9 – Señorita y V10 - Amarilla criolla.

3.2.2 Materiales y equipo de campo

Los materiales usados en trabajo de campo son:

- Machete
- Pala
- Picota
- Cámara fotográfica digital
- Cinta métrica flexible (50 m)
- Flexo metro (5 m)
- Calculadora
- Regla
- Lineada (lienza)
- Cuaderno de Campo
- Mochila fumigadora (20 L)

3.2.3 Material de escritorio

Para la realización de la tabulación y análisis de datos se utilizaron los siguientes materiales:

- Marcadores y resaltadores
- Flash memory
- CD y DVD
- Laptop
- Balanza electrónica digital

3.3 Metodología

3.3.1 Procedimiento experimental

Se realizó un estudio descriptivo siguiendo los pasos de la cadena lógica de la investigación, de acuerdo al siguiente procedimiento:

3.3.1.1 Preparación del terreno

Se realizó la limpieza de malezas y talado de árboles maderables jóvenes (toco) que se establecieron en el área del experimento, posteriormente se realizó la limpieza con maquinaria pesada para retirar los tocones o troncos secos sobrantes de un anterior chaqueo, además de la nivelación del terreno y así para poder obtener un terreno uniforme según los requerimientos del cultivo.

Posteriormente se procedió con la labranza primaria con el empleo de maquinaria agrícola de la Estación Experimental Sapecho, con arado de vertedera para voltear y desmenuzar la tierra; seguidamente la labranza secundaria con el empleo de con rastra de disco, el propósito de obtener un suelo suelto, que le permita tener un desarrollo óptimo al cultivo, en este caso la raíz.

Luego de haber nivelado, homogenizado el suelo para la siembra, se realizó la delimitación y trazado de la parcela experimental con la ayuda de la cinta métrica, estacas y lineada.



Figura 11. Delimitación y trazado de la parcela experimental

3.3.1.2 Preparación de la semilla (estacas)

La preparación del material vegetal “estacas” en su generalidad se utiliza varetas de 10 a 15 cm (6 a 8 nudos) en este caso se utilizó estacas de (3 a 6 nudos) esto por la limitada disponibilidad de semilla.



Figura 12. Corte de las estacas de las diez variedades

3.3.1.3 Siembra

En el caso específico del cultivo de yuca en la zona se recomienda que sea entre los meses de septiembre, octubre y noviembre, aprovechando las lluvias de temporada.

El establecimiento en la parcela experimental se realizó por el método de siembra directa manual, con la ayuda de un azadón se efectuó la apertura de hoyos y se depositó 1 semilla o estaca en cada hoyo con una pequeña inclinación para evitar el enraizamiento profundo. A una profundidad de siembra fue de 7 a 10 cm. Se empleó una sola densidad de siembra 1 metro por 1 metro. Así mismo se incorporó humus de lombriz y lama de río a razón de 200 gramos y 1 kilogramo a cada planta respectivamente.



Figura 13. Incorporación de materia orgánica y siembra

3.3.1.4 Cercado de la parcela

Se efectuó el enmallado o cerco perimetral de la parcela para evitar el ataque de animales silvestres como el Chanco de monte (*Tayassu pecari*) y roedores como el Sari (Agutíes) (*Dasyprocta sp.*), evitando perjuicio al desarrollo normal de las plantas y el rendimiento.

3.3.1.5 Prácticas culturales

3.3.1.5.1 Control de malezas

Se efectuó 4 labores culturales de desmalezado en todo el periodo de crecimiento; la primera a los 30 días después de la emergencia y posteriormente cada mes, con ayuda de un machete y azadón; es muy importante el desmalezado en los primeros meses para que no genere retención de humedad y pudrición de la raíz.

3.3.1.5.2 Control de insectos plaga

Durante el ciclo del cultivo se efectuó el monitoreo para identificar las plagas principales y su control oportuno evitando perjuicio al desarrollo normal de las plantas y el rendimiento. Las plagas observadas, fueron la mosca blanca, mosca de las agallas, el gusano cachudo, cien pies, chinches y otros.

3.3.1.5.3 Cosecha

La cosecha se la realizo de forma manual, una vez concluido el ciclo del cultivo. La primera cosecha fue a los nueve meses después de la siembra (julio), de las cuales se cosecharon ocho variedades (1 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 9 y 10). Las dos variedades restantes (2 y 7) se las cosechó una vez cumplido su ciclo a los doce meses después de la siembra (septiembre – octubre).



Figura 14: Cosecha de yuca

3.3.2 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con factor de estudio (variedades de yuca) con cuatro repeticiones (Arteaga, 2004).

3.3.2.1 Modelo lineal aditivo

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- X_{ij} = Una observación cualquiera
- μ = Media general o poblacional del experimento
- α_i = Efecto del i – ésimo tratamiento o variedad de yuca
- ϵ_{ij} = Error experimental

3.3.2.2 Croquis del experimento

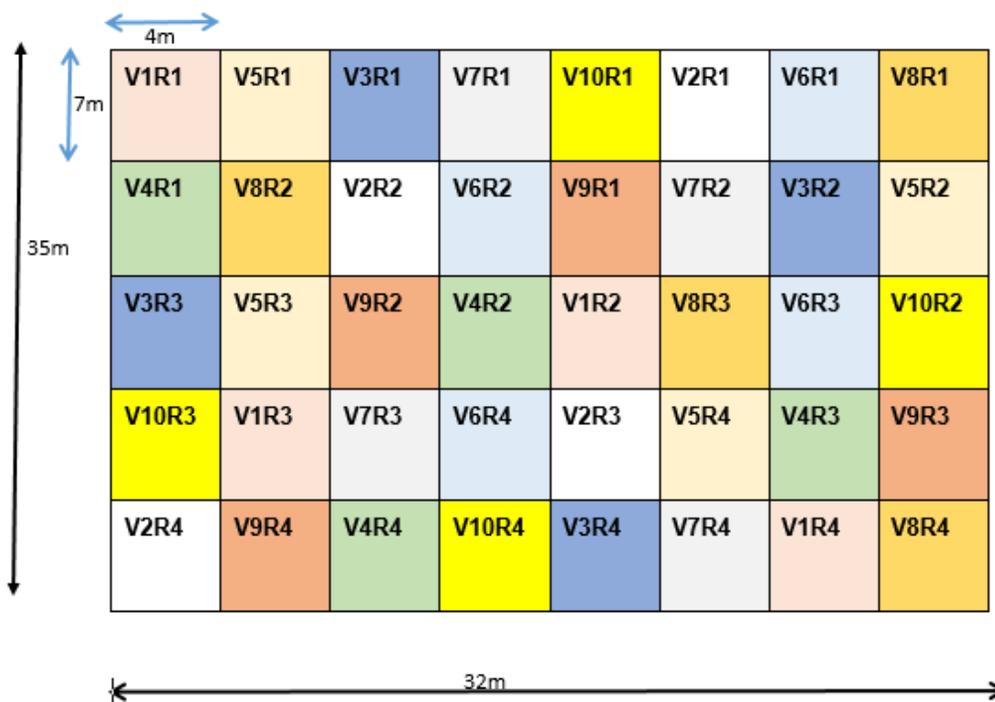


Figura 15. Croquis de campo para el diseño experimental (2020)

3.3.2.3 Área dimensional del campo Experimental

- Área total : 1120 m²
- Área de unidad experimental : 28 m²
- Distancia de siembra : 1 x 1 m
- Total de unidades experimentales : 40
- Número de repeticiones : 4
- Niveles de los tratamientos : 10

3.3.3 Variables fenológicas

3.3.3.1 Temperatura y precipitación

Para la toma de estas variables se obtuvo la información de los registros de los elementos climáticos de la Estación Meteorológica, para la campaña agrícola 2019 – 2020, ubicada en los predios de la Estación Experimental de Sapecho, datos utilizados desde un inicio hasta la conclusión de la investigación.

3.3.3.2 Porcentaje de emergencia

Para esta variable se realizó el conteo manual, se tomaron en cuenta las 28 plantas de cada unidad experimental desde los 7 días después de la siembra en cada variedad.

$$\frac{\# \text{ Total de plantulas emergidas}}{\# \text{ Total de semillas sembradas}} \times 100$$

3.3.4 Variables de respuesta

3.3.4.1 Altura de la planta

Se midió la altura al momento de la cosecha desde la base del suelo hasta la parte apical de tallo. Se registró la medición en centímetros con ayuda de una cinta métrica, un total de 6 plantas por unidad experimental.

3.3.4.2 Diámetro de tallo

El diámetro del tallo de la planta, se midió en centímetros con ayuda de un vernier, desde la base del suelo a la altura de 50 cm, donde se registraron a 6 plantas por unidad experimental.

3.3.4.3 Número de raíces por planta

Se determinó el número de raíces/planta, en base a 6 plantas seleccionadas al azar en la etapa de la madurez fisiológica.

3.3.4.4 Longitud de las raíces

La longitud de la raíz, en plantas seleccionadas al azar, se midió desde su inserción en el tallo hasta el extremo libre de ápice con la ayuda de un flexómetro.

3.3.4.5 Peso de raíces por planta

Se procedió al registro del peso en kilogramos de todas las raíces en 6 plantas elegidas al azar por cada tratamiento, con la ayuda de una balanza electrónica digital.

3.3.4.6 Rendimiento

Para estimar el rendimiento de la yuca de las parcelas experimentales, se cosecharon 6 plantas de cada tratamiento al azar para cada variedad, luego llevados a 1 m² posteriormente se procedió a expresar en toneladas por hectárea.

3.3.5 Análisis económico

La evaluación de costos parciales de producción se realizó según la metodología propuesta por CIMMYT (1988), que recomienda el análisis de beneficios netos y el cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos alternativos, para obtener los beneficios y costos marginales. Los rendimientos se ajustaron al menos 10 % por efecto del nivel de manejo, puesto que el experimento estuvo sujeto a cuidados y seguimientos que normalmente no se dan en condiciones de producción tradicional.

La viabilidad económica del cultivo se determinó por medio de un análisis de Beneficio/Costo (B/C) para cada variedad estudiada y recomendar su producción en las comunidades de variedades que ofrezca mayor ganancia para el productor.

3.3.5.1 Beneficio Bruto (BB)

Es llamado también ingreso bruto (IB), es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto (CIMMYT, 1988).

$$\text{BB} = \text{R} \times \text{PP}$$

Dónde:

BB = Beneficio bruto (Bs/ha)

R = Rendimiento ajustado (Tn/ha)

PP = Precio del producto (Bs)

3.3.5.2 Costos Variables (CV)

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria utilizados en cada tratamiento, fertilizantes, insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte (CIMMYT, 1988).

3.3.5.3 Beneficio Neto (BN) o Utilidad del cultivo

El Beneficio neto (BN) fue calculado por tratamiento, según la siguiente fórmula citada por el (CIMMYT, 1998). Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP).

$$\mathbf{BN = BB - CP}$$

Dónde:

BN = Beneficio neto (Bs/ha)

BB = Beneficio bruto (Bs/ha)

CP = Costo total de producción (Bs)

3.3.5.4 Relación Beneficio/Costo (B/C)

Es la relación que existe entre los beneficios brutos (BB), sobre los costos de producción (CP). Se define como el indicador de la pérdida o ganancia bruta por unidad monetaria invertida, se estima dividiendo el ingreso bruto, o beneficio (B) entre el costo total de producción (C). Si la relación (B/C) es mayor que uno se considera que existe un

apropiado beneficio, si es igual a uno los beneficios son iguales a los costos de producción y la actividad no es rentable, valores menores que uno indica pérdida y la actividad no es beneficiosa (Herrera, Velasco, Denen, & Radulovich, 1994).

$$\mathbf{B/C = BB/CP}$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficio Bruto (Bs)

CP = Costo de Producción (Bs)

Cuando:

B/C > 1 Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, lo que significa que es rentable.

B/C = 1 Los ingresos económicos solo cubren los costos de producción.

B/C < 1 La producción no es rentable.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables fenológicas

4.1.1 Temperatura (°C)

El análisis del comportamiento térmico, se realizó en base a los datos de las temperaturas máximas, medias y mínimas que a continuación se muestran.

En la Figura 16, se observa la fluctuación del registro de las temperaturas, máximas, medias y mínimas, las condiciones térmicas durante el desarrollo del cultivo durante la campaña agrícola 2019 - 2020.

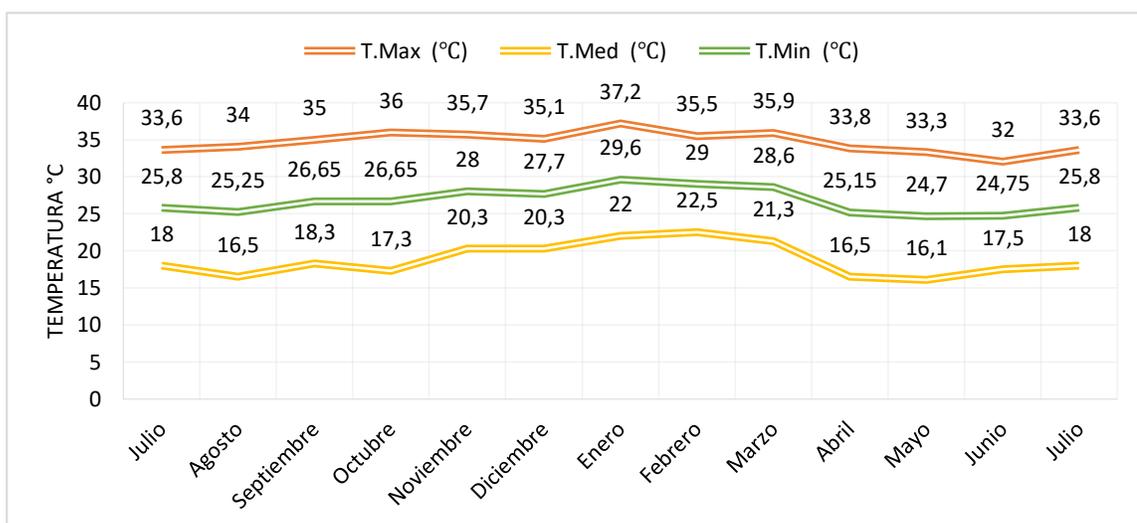


Figura 16. Comportamiento de la temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia con base de datos de la EES (2019 - 2020).

Se debe señalar que la zona tuvo un promedio de temperatura máxima anual de 34.83°C y temperatura mínima de 18.96°C, así mismo la zona alcanzó una temperatura de 37.2°C como máxima para el mes de enero y una mínima 16.1°C en los meses de abril y mayo.

Las temperaturas más adecuadas para un buen desarrollo del cultivo de yuca, se registraron entre 25 y 30°C. Temperaturas por debajo de 25°C tienden a alargar el ciclo de cultivo, debido a la menor producción y tamaño de hojas, además favorecen el ataque

de Cercospora, que provoca defoliación. En cambio temperaturas altas, entre 31°C y 34°C aumentan el número de hojas por ramas y su tamaño, pero disminuye su vida útil. Temperaturas por debajo de 16°C y superiores a los 34°C detienen el crecimiento de la planta (Montaldo, 1985) citado por (Valdez & Hernández, 2014).

Durante el estudio, las temperaturas mínimas de abril, mayo y la máxima del mes de enero (Figura 16) probablemente haya sido un factor que influyo en el lento crecimiento en la variedad Huajaraña ya que se tuvo un menor número de hojas, poca formación de raíces tuberosas y un menor engrosamiento coincidiendo con los resultados mencionados por Valdez & Hernández, (2014). Sin embargo las demás variedades tuvieron un buen comportamiento de adaptabilidad a las condiciones ambientales de la región.

4.1.2 Precipitación pluvial (mm)

El análisis de precipitación, se realizó en base de datos meteorológicos en la Estación Experimental Sapecho que a continuación se muestran. En la Figura 17, se observa el comportamiento de la precipitación registradas durante el periodo de estudio campaña agrícola 2019 - 2020.

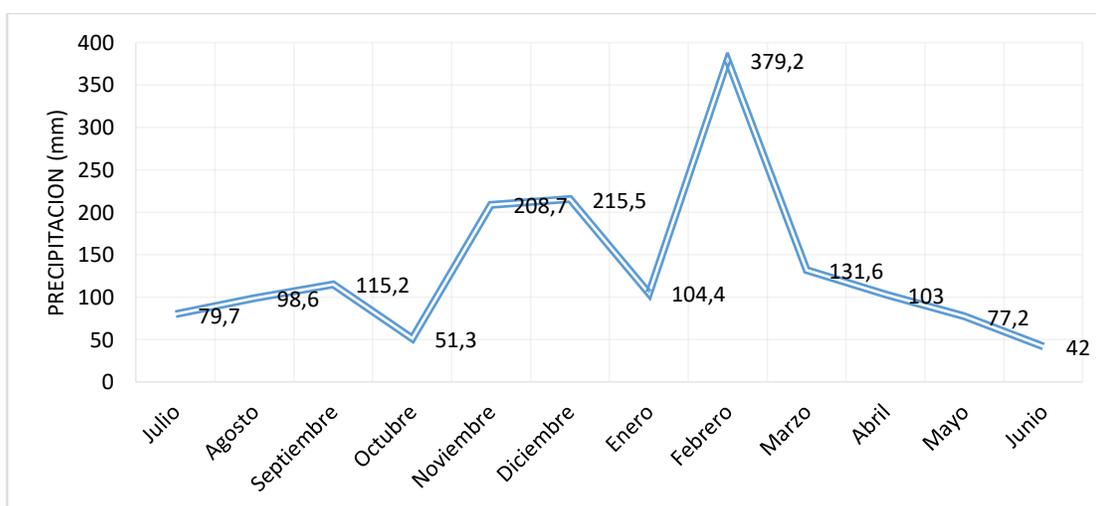


Figura 17. Comportamiento de la precipitación (mm)

Fuente: Elaboración propia con base de datos de la EES (2019-2020).

Los datos de precipitación pluvial durante el periodo de investigación alcanzo un promedio de 1606.4 mm, mientras que el promedio histórico anual de precipitación oscila alrededor de los 133.87 mm, siendo el mes de febrero el de mayor humedad con 379.2 mm y el mes de junio con el menor humedad con 42 mm.

La planta de yuca requiere entre 700 y 1500 mm de lluvia, bien distribuido durante todo el ciclo del cultivo. Aunque muestra tolerancia a niveles inferiores de lluvia en relación a otros cultivos, la falta de humedad en el suelo provoca amarillamiento, flacidez de los pecíolos y caída prematura de las hojas bajas. (Valdez y Hernández 2014).

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 (Lardizábal, 2009).

Los meses de octubre y junio presentaron bajas precipitaciones provocando amarillamiento, flacidez de los pecíolos y caída prematura de las hojas bajas; resultados que concuerdan con lo manifestado por Valdez y Hernández (2014). La precipitación excesiva durante los meses de noviembre, diciembre y febrero, las variedades Amarilla criolla, Huajarajeña y Rama verde presentaron pudrición en la raíz coincidiendo con Lardizábal, (2009), mientras que las variedades Señorita y Brasil 1 se comportaron mejor a las determinadas precipitaciones.

4.1.3 Porcentaje de emergencia (%)

En la Figura 18, se observa los resultados obtenidos en este parámetro. Las variedades que adquirieron un mayor porcentaje fueron V3 (Huajarajeña), V5 (Pelecho morado), V6 (Arrobera), V8 (Amarilla) y V9 (Señorita) con un 100% de emergencia siendo todos éstos catalogados como excelentes resultados, encontrándose la variedad V10 (Amarilla criolla) con menor porcentaje de emergencia llegando a 95.53%,.

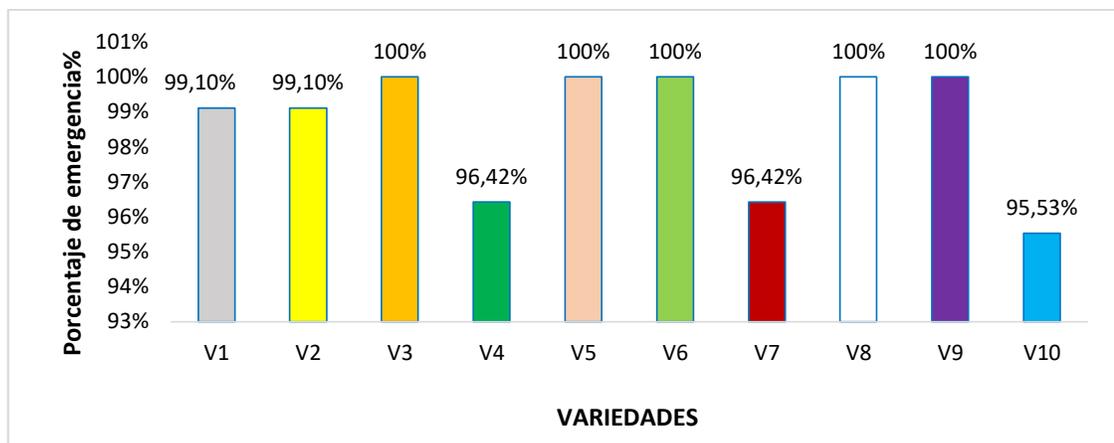


Figura 18: Porcentaje de emergencia (%)

Fuente: Elaboración propia

Generalmente, una semana después de la siembra, se forman las primeras raíces a nivel de los nudos de las estacas, poco después, se forman los tallos aéreos y a los 10 a 12 días después de la siembra aparecen las primeras hojas. A los 15 días termina la fase de brotación. (García & Baldioceda, 2003).

De acuerdo a Mantilla, (1984), los porcentajes de emergencia a los 30 días fue de 84.3 y 98.4 % para estacas de 5 cm y 20 cm.

4.2 Variables de respuesta

4.2.1 Altura de la planta (cm)

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 8, se describen los resultados de las fuentes de variabilidad relacionado a la altura de planta.

Cuadro 8. Análisis de varianza para altura de planta (cm)

FV	SC	GL	CM	F	P- Valor	Nivel Sig.
Tratamiento	17433.94	9	1937.10	91.49	< 0.0001	**
Error	635.20	30	21.17			
Total	18069.14	39				
C.V.	2.18%					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza, muestra un coeficiente de variación (CV) 2.18%, por tanto los datos obtenidos y el manejo de campo fueron adecuados (Ochoa, 2008).

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en lo cual se deduce que existen diferencias respecto altura de planta entre las variedades de yuca implementadas en la zona. Se ratifica la aplicación de la prueba medias Tukey.

De acuerdo en la prueba Tukey para los tratamientos, de diez variedades de yuca, para la variable altura de planta, los promedios obtenidos se diferencian en cuatro grupos, los mayores promedios se registraron con las variedades: Brasil 1 con 243.28 cm, Señorita con 239.75 cm y Rama verde con 235.83 cm de altura de planta a diferencia de los demás tratamientos, desde la siembra mostraron su superioridad, respecto a las otras variedades alcanzaron promedios menores por tanto se agrupan de forma diferenciada, las variedades con menores promedios observados fueron la Amarilla criolla con 184.88 cm y Huajarajeña con 183.60 cm.

Las alturas de planta de las variedades: Brasil 1 con 243.28 cm, Señorita con 239.75 cm y Rama verde con 235.83 cm de altura de planta, fueron superiores a los obtenidos por García & Baldioceda (2003) quien obtuvo una altura de planta de 199.75 cm como la mayor altura y la menor altura de 184.25 cm en la variedad Valencia, pero inferiores a los resultados obtenidos por Cepeda (2015) quien obtuvo mayores alturas de 337 cm en la variedad Portoviejo 651 y 324 cm en la variedad Portoviejo 650.

Así mismo los resultados obtenidos son inferiores a los de Chavarria (2003) que obtuvo una altura promedio por variedad de 253.84 cm, siendo el mayor promedio 294.17cm en la variedad Valencia y la de menor altura con 233.54 cm en la variedad Pata de paloma.

Las diferencias de altura de planta pueden ser atribuidas al sistema de producción, en este caso tradicional y de igual manera a las condiciones climáticas, nutricionales del suelo y a las características genéticas principalmente.

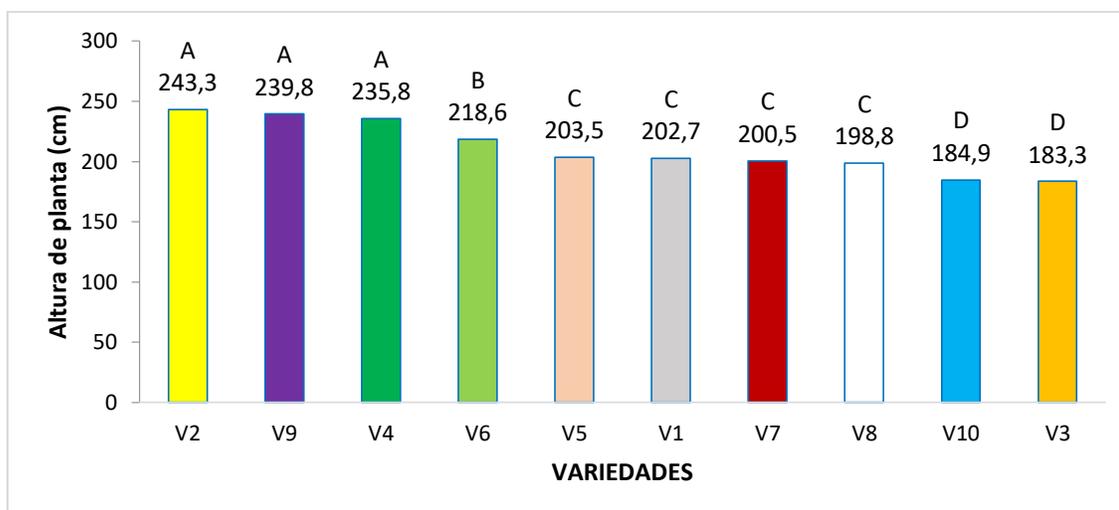


Figura 19: Variable altura de planta (cm)

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 19, se tiene a las variedades Brasil 1, Señorita y Rama verde, son las que presentan la mayor altura de planta con 243.28 cm, 239.75 cm y 235.82 respectivamente, seguida de las variedades; V6, V5, V1, V7 y V8 (203.5, 202.68, 200.53 y 198.82 cm), mientras que las variedades V10 Amarilla criolla y V3 Huajarajeña obtuvieron menores alturas.

4.2.2 Diámetro de tallo (cm)

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 9, se describen los resultados de las fuentes de variabilidad del diámetro de tallo.

Cuadro 9: Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm)

FV	SC	GL	CM	F	P- Valor	Nivel Sig.
Tratamiento	10,14	9	1,13	13,48	< 0.0001	**
Error	2,51	30	0.08			
Total	12,65	39				
C.V.	8,78 %					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza muestra un coeficiente de variación (CV) 8.78 %, demuestra que los datos obtenidos son altamente confiables, catalogados como excelentes. (Ochoa, 2008).

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, así mismo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en lo cual se deduce que existen diferencias con respecto al diámetro de tallo entre las variedades de yuca implementadas en la zona. Se ratifica la aplicación de la prueba Tukey.

La prueba Tukey para los tratamientos, para diez variedades de yuca, para la variable diámetro de tallo, se agrupan los promedios obtenidos en dos, de mayor promedio se registró en la V9 (Señorita) con 3,78 cm de diámetro seguidas de V8 (Amarilla) con 3,68cm, V6 (Arrobera) con 3,58cm, los restantes promedios alcanzaron un menor diámetro, la variedad con menor promedio observado fue V10 (Amarilla criolla) alcanzando un promedio de diámetro de tallo de 2,33 y V3 (Huajarajeña) con 2,30 centímetros de diámetro respectivamente.

En lo referente a diámetro de tallo de las variedades: el mayor promedio se dio en la V9 (Señorita) con 3,78 cm de diámetro seguidas de V8 (Amarilla) con 3,68cm, V6 (Arrobera) con 3,58cm, fueron superiores a los obtenidos por Cepeda, (2015) quien obtuvo valores de 3.32 cm en la variedad Portoviejo 651 y 2.81 cm en Portoviejo 650.

Así mismo los diámetros de tallo de las variedades evaluadas fueron superiores a los obtenidos por Chavarría, (2003), quien alcanzó un diámetro de tallo promedio por variedad de 2.39 cm. Como también a los de García & Baldioceda, (2003) quienes obtuvieron un diámetro de tallo de 1.75 cm y 1.57 cm en la variedad Valencia.

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los obtenidos por los autores anteriormente mencionados, estos resultados pueden ser atribuidos a las condiciones nutricionales del suelo y a las características genéticas de las variedades en estudio.

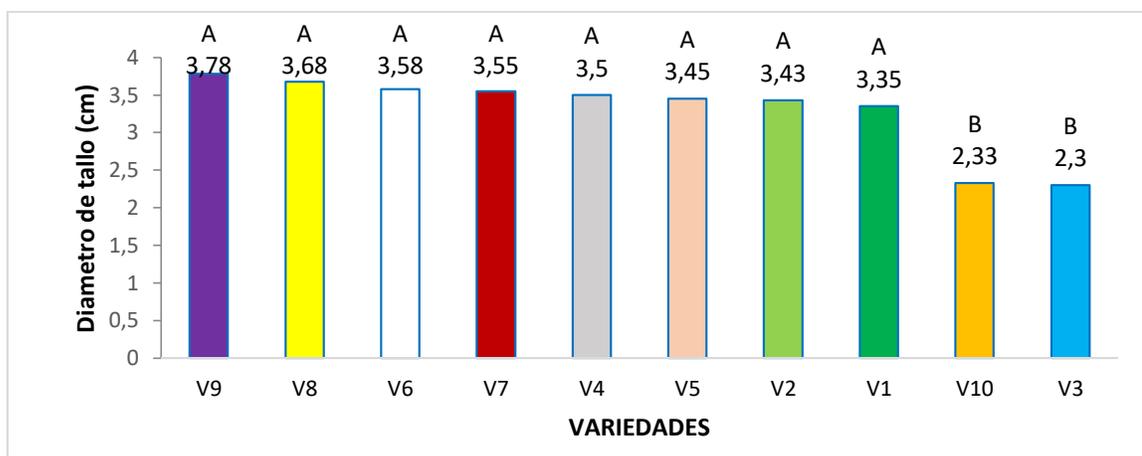


Figura 20: Variable diámetro de tallo (cm)

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 20, se tiene a la variedad 9 (Señorita) que presenta mayor diámetro de tallo con 3.78 cm, mientras que las variedades 10 (Amarilla criolla) y V3 (Huajarajeña), presentan diámetros bajos con 2.33 y 2.30 cm de diámetro respectivamente, siendo éste un parámetro de diferenciación en la productividad, el diámetro de tallo es proporcional a la densidad de siembra y el rendimiento esperado.

4.2.3 Número de raíces por planta (Unidades/planta)

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 10, se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, número de raíces por planta.

Cuadro 10: Análisis de varianza para número de raíces por planta

FV	SC	GL	CM	F	P- Valor	Nivel Sig.
Tratamiento	307.03	9	34.11	18.69	< 0.0001	**
Error	54.75	30	1.83			
Total	361.78	39				
C.V.	12.96 %					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza muestra un coeficiente de variación (CV) 12.96 %, demuestra que los datos obtenidos son confiables (Ochoa, 2008).

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, así mismo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en lo cual se deduce que existen diferencias con respecto al número de raíces por planta entre las variedades implementadas en la zona. Se ratifica la aplicación de la prueba Tukey.

De acuerdo la prueba Tukey, para la variable número de raíces por planta, se agrupan los promedios obtenidos en cinco, la que mayor promedio registró fue la variedad Rosadita con 14.25 raíces/planta, los restantes promedios alcanzaron un menor valor y son agrupados diferenciados estadísticamente, la variedad con menor promedio observado fue la variedad Amarilla criolla alcanzando un promedio de 5.75 raíces/planta considerado de menor productividad.

Los resultados obtenidos en la variedad 1 Rosadita son superiores a los obtenidos por Rojas & Torrez (2010) quienes obtubieron promedio general de raíces por planta de 6.76 contra 5.6 obtenido por el testigo. Así mismo los resultados obtenidos en la variedad Rosadita son muy superiores a los obtenidos por García & Baldioceda (2003) quienes obtuvieron un promedio de número de raíces por planta 3.50 y 5.13 en la variedad Valencia.

Los resultados del presente estudio se atribuyen a que, en el momento de la cosecha se tomaron en cuenta todas las raíces, tanto las raíces comerciales como las de descarte.

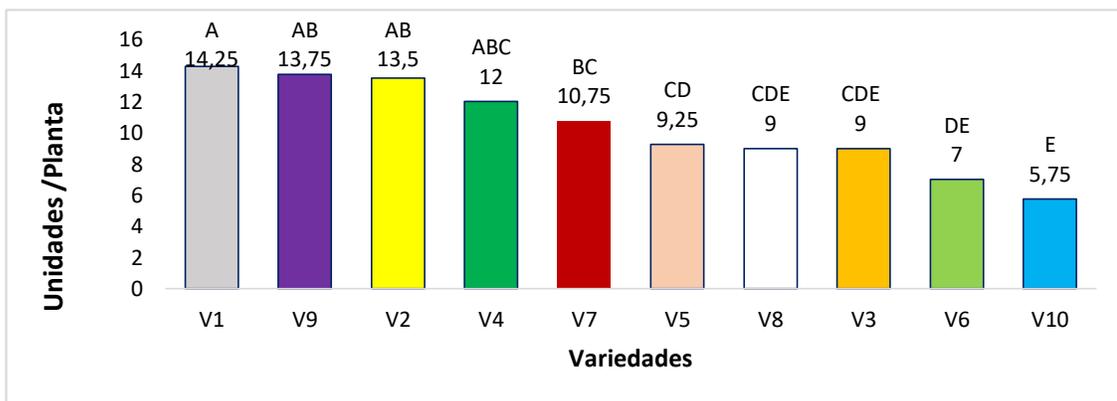


Figura 21: Variable número de raíces por planta (unidades/planta)

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 21, se tiene a V1 (Rosadita), V9 (Señorita) y V2 (Brasil), son las que presentan la mayor cantidad de raíces por planta con 14.25, 13.75 y 13.5 unidades/planta, respectivamente, mientras que las variedad 6 (Arrobera) y variedad 10 (Amarilla criolla), con 7.00 y 5.75 raíces/plantas respectivamente.

4.2.4 Longitud de la raíz

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 11, se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, longitud de la raíz.

Cuadro 11: Análisis de varianza para longitud de raíz (cm)

FV	SC	GL	CM	F	P- Valor	Nivel Sig.
Tratamiento	2404.95	9	267.22	14.64	< 0.0001	**
Error	547.55	30	18.25			
Total	2952.49	39				
C.V.	14.45 %					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza, muestra un coeficiente de variación (CV) 14,45 %, por tanto los datos obtenidos y el manejo en campo fueron muy buenos (Ochoa, 2008).

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, así mismo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en lo cual se deduce que existen diferencias con respecto a la longitud de raíz entre las variedades de yuca implementadas en la zona. Se ratifica la aplicación de la prueba Tukey.

De acuerdo la prueba Tukey para los tratamientos, evaluación de diez variedades de yuca, para la variable longitud de raíz, se agrupan los promedios obtenidos en cuatro grupos, el mayor promedio se registró en la variedad 9 (Señorita) con 42.30 cm al momento de la cosecha, los restantes promedios alcanzaron una longitud menor, donde la variedad con menor promedio observado fue la variedad 3 (Huajarajeña) alcanzando un promedio de longitud de raíz de 15.25 centímetros, considerado de menor tamaño.

Los resultados obtenidos en la variedad Señorita fueron superiores a los obtenidos por Cepeda (2015) quien obtuvo 36.33 cm de longitud en la variedad Portoviejo 650 y 29.66 cm en la variedad Portoviejo 651. Así mismo los resultados obtenidos fueron superiores a los obtenidos por Pérez (2013) quien obtuvo una media de 36.0 cm, que corresponde a la variedad de yuca Arbolito. Por otra parte los resultados obtenidos en la variedad CM 6740-7 Reina y la variedad Brasil 1 fueron similares a los autores mencionados.

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los obtenidos por los autores anteriormente mencionados, estos resultados pueden ser atribuidos a las condiciones nutricionales del suelo donde se desarrolló el cultivo.

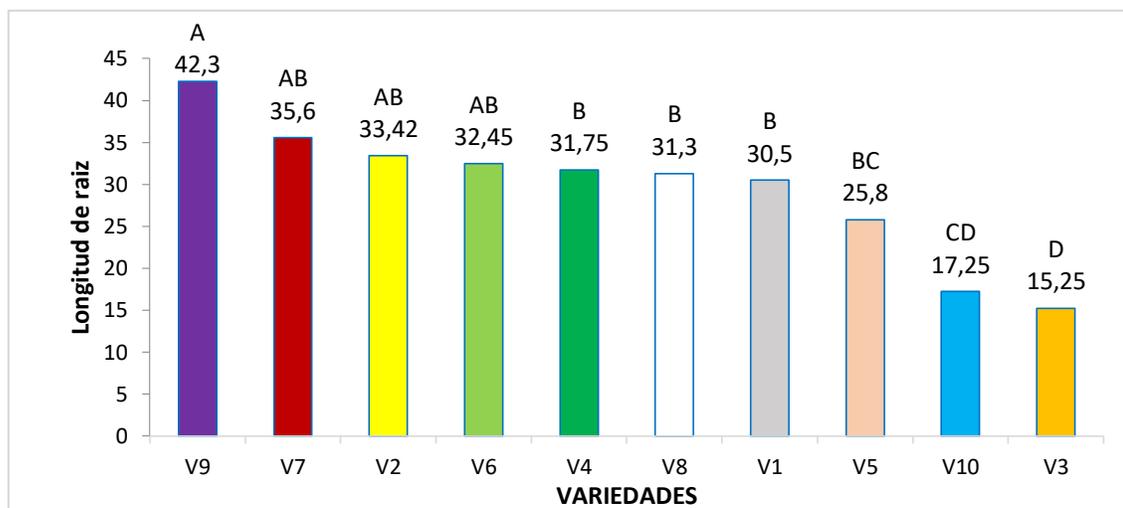


Figura 22: Variable longitud de la raíz (cm)

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 22, se tiene a la variedad 9 (Señorita), es la que presenta mayor longitud de raíz con 42.30 cm, mientras que la variedad 3 (Huararajeña), presenta una longitud menor con 15.25 cm respectivamente.

4.2.5 Peso de raíces por planta (kg/planta)

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 12, se describen los resultados de las fuentes de variabilidad, peso de raíces por planta.

Cuadro 12: Análisis de varianza peso de raíces por planta (kg/planta)

FV	SC	GL	CM	F	P- Valor	Nivel Sig.
Tratamiento	12.34	9	1.37	24.35	< 0.0001	**
Error	1.69	30	0.06			
Total	14.03	39				
C.V.	12.30 %					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza muestra un coeficiente de variación (CV) 12.30%, por tanto los datos obtenidos son confiables, catalogados como muy buenos (Ochoa, 2008).

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, así mismo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en lo cual se deduce que existen diferencias con respecto a el peso de raíces por planta entre las variedades de yuca implementadas en la zona. Se ratifica la aplicación de la prueba Tukey.

De acuerdo la prueba Tukey para los tratamientos, en el estudio de diez variedades de yuca, para la variable peso de raíces por planta, se agrupan los promedios obtenidos en cuatro grupos, de mayor promedio se registró en la variedad 9 (Señorita) con 2.89 kg/planta, las variedades con menor promedio observado fueron la variedad 7 (CM6740-7 Reina) con 1.69, V3 (Hujarajeña) con 1.58, V5 (Pelecho morado) con 1.54, V6 (Arrobera) con 1.25 y V10 (Amarilla criolla) alcanzando un promedio de 1.23 kg/planta respectivamente.

Los resultados obtenidos en la variedad Señorita fueron superiores a los obtenidos por Chavarría, (2003) quien obtuvo un promedio de 1.53 kg en la variedad Algodón y 1.26 kg en la variedad Pata de paloma. Así mismo los resultados obtenidos en la variedad Señorita fueron similares a los obtenidos por Mojena & Pascual, (2004) que obtuvieron 2.69 y 2.65 kg en el clon CMC-40.

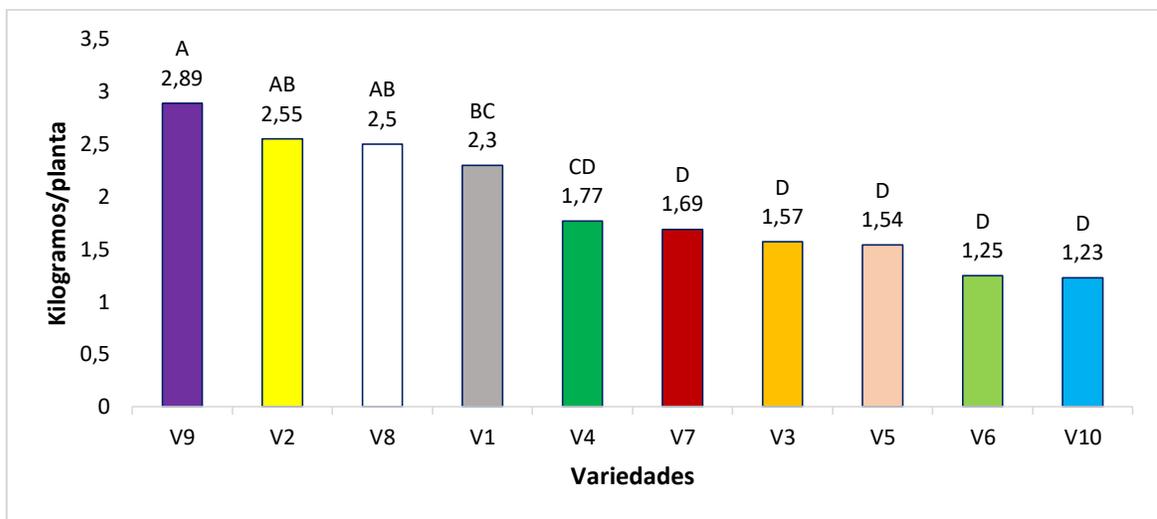


Figura 23: Variable peso por planta (kg/planta)

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 23, se tiene a la variedad 9 (Señorita), es la que presenta mayor rendimiento en peso de raíces por planta con 2.89 kg por planta, mientras que la variedad 10 (Amarilla criolla), presenta el rendimiento más bajo con 1.23 kg por planta respectivamente.

4.2.6 Rendimiento toneladas por hectárea (tn/ha)

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 13, se describen los resultados de las fuentes de variabilidad rendimiento en toneladas por hectárea.

Cuadro 13: Análisis de varianza rendimiento toneladas por hectárea (tn/ha)

FV	SC	GL	CM	F	P- Valor	Nivel Sig.
Tratamiento	1271.09	9	141.23	27.82	< 0.0001	**
Error	152.29	30	5.08			
Total	1423.38	39				
C.V.	11.52 %					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza, muestra un coeficiente de variación (CV) 11.52%, por tanto los datos obtenidos están catalogados como muy buenos (Ochoa, 2008).

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, así mismo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en lo cual se deduce que existen diferencias con respecto al rendimiento entre las variedades de yuca implementadas en la zona. Se ratifica la aplicación de la prueba de medias Tukey.

De acuerdo la prueba Tukey para los tratamientos, evaluación de diez variedades de yuca, para la variable rendimiento en toneladas por hectárea, se agrupan los promedios obtenidos, el mayor promedio se registró en la variedad 9 (Señorita) con 29.28 tn/ha, las demás variedades alcanzaron un promedio menor por tanto se agrupan estadísticamente de forma diferenciada, la variedad con menor promedio observado fue la variedad 10 (Amarilla criolla) alcanzando un promedio de 12.28 tn/ha.

Los resultados obtenidos en la variedad Señorita fueron superiores a los obtenidos por García & Baldioceda, (2003) quienes obtuvieron un rango de rendimiento que varía desde 24.26 tn/ha hasta 27.75 tn/ha en la variedad Valencia.

El rendimiento de la variedad Señorita fueron similares a los obtenidos por Cepeda, (2015) quien obtuvo un rendimiento de 29.81 tn/ha, en la variedad Portoviejo 650, Pero inferiores a los obtenidos por Pérez (2013) del cual sus rendimientos oscilaron entre 19.97 a 54.29 (tn/ha) en las variedades Valencia, Arbolito y Mangi.

Así mismo los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por el CIAT; Mejía, (2019) menciona que se logró producir hasta 30 tn/ha en parcelas demostrativas.

Estos resultados pueden ser atribuidos principalmente al buen manejo, condiciones climáticas, nutricionales del suelo y a las características genéticas de las variedades. Cabe recalcar que se introdujo material elite para el presente trabajo de investigación.

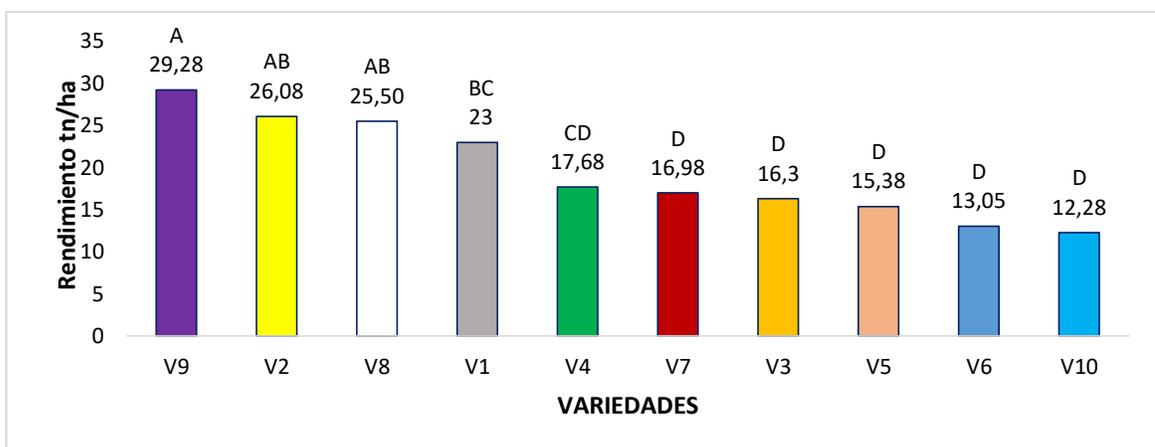


Figura 24: Variable rendimiento toneladas por hectárea (tn/ha)

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 24, se tiene a la variedad 9 (Señorita), es la que presenta mayor rendimiento con 29.28 tn/ha, seguidas por la V2 (Brasil 1) y V8 (Amarilla) con 26.08 y 25.50 tn/ha, mientras que la variedad 10 (Amarilla criolla), presenta el menor rendimiento con 12.3 tn/ha respectivamente.

4.3 Análisis económico

Cuadro 14: Análisis económico

Tratamiento	Variación	R/planta (kg/m ²)	R/trat+rep (kg/112 plantas)	P/Kg (Bs/Kg)	P/@ (Bs/@)	BB R/PP	Costo de Producción (Bs)	BN BB-CP (Bs)	B/C BB/CP
V1	Rosadita	2,30	257,60	2,80	35,00	721,28	313,80	407,48	2,30
V2	Brasil 1	2,55	285,60	2,80	35,00	799,68	313,80	485,88	2,55
V3	Huajarajeña	1,58	182,56	2,80	35,00	511,17	313,80	197,37	1,63
V4	Rama verde	1,77	198,24	2,80	35,00	555,08	313,80	241,28	1,78
V5	Pelecho morado	1,54	172,48	2,80	35,00	482,95	313,80	169,15	1,55
V6	Arrobera	1,25	145,60	2,80	35,00	407,68	313,80	93,88	1,30
V7	CM6740-7 Reina	1,69	189,28	2,80	35,00	529,99	313,80	216,19	1,69
V8	Amarilla	2,50	285,60	2,80	35,00	799,68	313,80	485,88	2,55
V9	Señorita	2,89	328,16	2,80	35,00	918,85	313,80	605,05	2,93
V10	Amarilla criolla	1,23	137,76	2,80	35,00	385,73	313,80	71,93	1,23

Fuente: Elaboración propia

Donde:

R/planta = Rendimiento/planta

BN = Beneficio neto

R/trat+rep = Rend/tratamiento + repetición

BB = Beneficio bruto

P/Kg = Precio/Kilogramo

CP = Costos de producción

P /@ = Precio/arroba

B/C = Beneficio / Costo

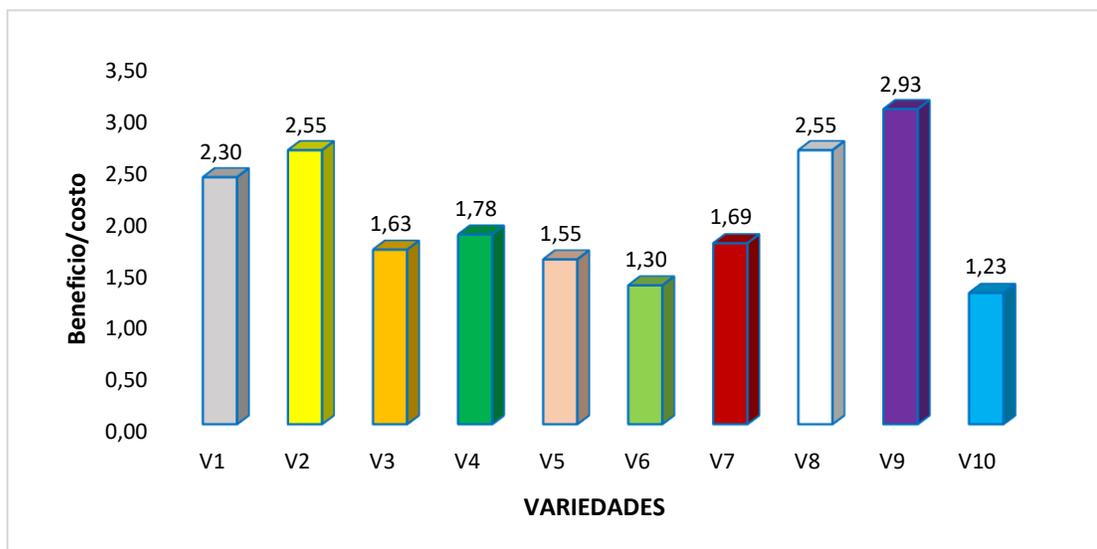


Figura 25: Relación B/C

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se puede observar que los costos de producción y la relación beneficio costo de las diez variedades evaluadas. Asimismo, el ingreso neto obtenido entre cada tratamiento es diferente debido a que cada uno de ellos produjo diferente rendimiento de yuca, por lo que el ingreso por venta del producto varía entre cada tratamiento, en este caso se utilizó un precio de venta de Bs. 2.80 por kilogramo y el costo por arroba de Bs. 35, tomando en cuenta el precio de venta a pie de inca en la zona experimental.

Se observa también en el Cuadro 14, la relación beneficio costo (B/C) para todos los tratamientos evaluados es mayor a 1, por lo que estos tratamientos se consideran rentables. Siendo la variedad Señorita (V9) que presentó la mayor relación B/C, con un valor de 2.93, seguida de las variedades Brasil 1 (V2) y la variedad Amarilla (V8) con 2.55 por lo tanto, comparado con los demás tratamientos, estas son las mejores alternativas de inversión. Esta relación B/C se puede interpretar que por cada boliviano invertido, se obtienen ganancias de Bs 1.93 y 1.55 respectivamente.

Las variedades que presentaron los menores valores en su relación B/C fueron la variedad Amarilla criolla (V10) y la variedad Arrobera (V6) con valores de 1.23 y 1.3, lo que indica que por cada boliviano invertido se obtiene Bs. 0.23 y 0.3 comparativamente.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En relación al porcentaje de emergencia las diez variedades evaluadas en la zona son categorizadas como de una excelente calidad, alcanzando a un porcentaje mayor a 95 % en todas las variedades.
- A partir de los resultados obtenidos, las que mejor se comportaron y adaptaron en la región fueron las variedades Señorita y Brasil 1 de las cuales se puede mencionar que entre las variedades introducidas resalta la variedad Brasil 1 y dentro de las variedades revalorizantes en la región y en la zona son la Señorita y Amarilla.
- Se observó que la mejor variedad evaluada para la altura de planta fue la variedad Brasil 1 con 243.28 cm, que mejor se adaptó en la zona. En cuanto al diámetro de tallo la variedad que alcanzo un mayor diámetro de tallo fue la variedad Señorita con 3.78 cm, considerada un parámetro de diferenciación de la productividad. En relación al número de raíces por planta, se manifestó en la variedad Rosadita con 14.25 raíces/planta.
- Con respecto al rendimiento los mejores resultados lo obtuvieron las variedades Señorita llegando a una máxima de 29.28 tn/ha, seguida de la variedad Brasil 1 con 26.08 tn/ha concluyendo que son de mayor rendimiento. La variedad Señorita se fue adaptando de una manera favorable a la región es así que su rendimiento se ha mantenido del lugar de origen y se presenta como una alternativa más de producción en la región.
- De acuerdo al análisis económico realizado a cada una de las variedades evaluadas, en la zona de estudio, se llegó a las siguientes conclusiones: la variedad Señorita presentó la mayor relación beneficio/costo (B/C) con un valor de 2.93 Bs. Seguida de las variedades Brasil 1 y Amarilla con 2.55 lo que indica que por cada boliviano invertido se obtienen 1.93 y 1.55 Bs. adicionales.

6. RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado se da las siguientes recomendaciones:

- Para el establecimiento del cultivo yuca (*Manihot esculenta* Crantz), bajo las mismas condiciones, se recomienda utilizar la variedad Señorita, Brasil 1, Amarilla y Rosadita, con las cuales se obtuvieron los mayores rendimientos, el mayor número de raíces por planta y las mayores longitudes de raíz.
- Se recomienda hacer un estudio con respecto a plagas y enfermedades en la zona, puesto que este cultivo tiene gran potencial y a menudo los productores presentan pérdidas por el ataque de plagas o enfermedades.
- Validar las variedades Señorita, Brasil 1, Amarilla y Rosadita en parcelas de prueba bajo las condiciones de los agricultores de la región.
- Se recomienda tomar en cuenta la variable de respuesta diámetro de tallo debido a que es proporcional al rendimiento que se espera, a mayor diámetro de tallo mayor cantidad de raíces/planta.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, B. (2016). El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). , 2016. San José, Costa Rica.
- Álvarez , E., & Mejía, J. (2004). Super alargamiento de la yuca. Boletín CIAT-CLAYUCACHEMONICSUSAID. Cali , Colombia.
- Arteaga, J. Y. (2004). Diseños experimentales (AGAETRA. Facultad de Agronomía – UMSA ed.). La Paz, Bolivia.
- Bellotti, A. C., Herrera, C. J., Melo, E. L., Arias, B., Gerrero, J. M., & Hernandez, M. (2009). Control de plagas en el cultivo de la yuca: ácaros y mosca blanca. Centro de Raíces e Amidos Tropicais (CERAT), 1-4.
- Bokanga M. (1999). Cassava: post-harvest operations (en línea). Ibadan, Nigeria: IITA. Recuperado el 4 de jul. de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-au998e.pdf>.
- Cazas Cusi, E. P. (2012). Estudio de los sistemas de producción agropecuario en la localidad de Sapecho. (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo>
- Ceballos , H., & Cruz, G. (2002). Taxonomía y Morfología de la Yuca. In Ospina, B; Ceballos, H. La Yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .Col. Vol. 327 Capitulo II. p. 1734. Cali, Colombia.
- Ceballos, H. (2002). La yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenerario. In Ospina, B; Ceballos, H. La Yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .CO. Vol. 327 C. Cali, Colombia.

- Cepeda Lara, H. O. (2015). "EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE YUCA (Manihot esculenta) CON TRES DENSIDADES DE SIEMBRA". Guayaquil, Ecuador: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8253>
- Chavarria Medina, E. (2003). EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE SIETE VARIEDADES DE YUCA, (Manihot esculenta Crantz) EN LAS CONDICIONES DEL MUNICIPIO DE NUEVA GUINEA/NICARAGUA 2002. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal. Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/view/creators/Chavarr=EDa_Medina=3AEusebio=3A=3A.html
- Chipana, G. (2015). Comportamiento Agronómico de ocho variedades de soya (Glycine max) en relación las tres densidades de siembra, en la estación experimental de Sapecho alto Beni. La Paz, Bolivia: La Paz. Facultad de Agronomía – UMSA.
- Choque Tarqui, C. E. (Mayo-Agosto de 2018). Modelación espacial para la evaluación de la fertilidad del suelo, Estación Experimental Sapecho. Apthapi, 2-6.
- CIMMYT, C. I. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México: CIMMYT. Recuperado el 20 de Septiembre de 2020, de <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/1063>
- CUMAT - CUTESU. (1985). Capacidad de uso mayor de la Tierra . Proyecto Alto Beni. Informe técnico. La Paz, Bolivia .
- Domínguez, C. (1981). Morfología de la planta de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Costa Rica.
- Domínguez, C. (1981). Morfología de la planta de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CO. .
- EES. (2020). RECOPILOCIÓN PROPIA.

- Estadísticas Agrícolas: Datos mundiales. (2 de Mayo de 2018). Estadísticas mundiales de yuca-blog agricultura. Recuperado el 20 de Septiembre de 2020, de <https://blogagricultura.com/estadisticas-yuca-produccion/>
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2016). Identification of indicators for evaluating of sustainable animal diets. Animal Production and Health Working Paper. (Vol. n°.15.). Roma, Italia.
- FAO/FIDA, (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. Roma,, Italia.
- Fletcher , W. (1983). Introduction. In: W.W. Fletcher (ed.) Recent Advances in Weed Research pp 1-2. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough. R.U.
- García, J. R., & Baldioceda, C. (2003). EFECTO DE SEIS DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE RAICES TUBEROSAS DE YUCA(*Manihot esculentum* Crantz) VARIEDAD VALENCIA. Managua,Nicaragua: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA UNA, FACULTAD DE DESARROLLO RURAL F.D.R. Recuperado el 29 de Enero de 2021, de <https://repositorio.una.edu.ni/774/1/tnf01g216s.pdf>
- Hernández, L. (2014). Manejo integrado del cultivo de yuca en el Caribe colombiano (en línea). Cali, Colombia. Recuperado el 16 de jul. de 2016, de <http://es.slideshare.net/libardoeflorez/manejo-integrado-del-cultivo-de-la-yuca-en-elcaribe-colombiano>
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H., & Radulovich, R. (1994). Fundamentos de análisis económico. Guía para Investigación y Extensión Rural. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- InfoAgro.com. (s.f.). (D. D. CONTENIDOS, Productor) Recuperado el 1 de Noviembre de 2020, de Agricultura Ecologica: <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>

- Jorge., M. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: yuca. In Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CDROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP),. Roma, Italia.
- (2002). La yuca en el tercer milenio sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, Colombia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical).
- Latham, M. (2002). Nutricion Humana en El Mundo del Desarrollo. Roma: De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm#Contents>
- Lennis, J., & Alvarado , A. (1991). El cultivo de la yuca en Bolivia. Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), (No. 82 ed.). (C. Hershey, Ed.) Cali, Colombia.
- Mantilla, J. (1984). Propagacion de yuca (Manihot esculenta Crantz): Alternativa para incrementar la tasa de multiplicacion. Sidalc.net Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- MDRyT. (2011). Compendio Agropecuario (Cauthin, Marielle ed., Vol. 528). La Paz, Bolivia.
- Mejia, J. C. (21 de Febrero de 2019). Publiagro. Obtenido de <https://publiagro.com.bo/2019/02/cultivo-de-la-yuca/>
- Mojena, M., & Pascual Bertolí, M. (2004). Rendimiento en la yuca (Manihot esculenta) en diferentes arreglos espaciales. gronomía Costarricense, 90-93.
- Montaldo, A. (1985). La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. . San José, Costa Rica.

- Mueller, R., Beck, S., & Lara, R. (Octubre de 2002). Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia, basado en datos climaticos. *Ecologia en Bolivia*, 6-10.
- Ochoa Torrez, R. R. (2008). *Diseños Experimentales*. La Paz-Bolivia: Facultad de Agronomia.
- Ospina , B., & Ceballos, H. (2002). *La yuca en el tercer milenio sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali, Colombia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical).
- Padilla, A. (2013). *Guia de produccion de frejol*. Santa Cruz - Bolivia.
- PDM. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal de Palos Blancos*. La Paz, Bolivia.
- PDM Palos Blancos. (2008). *Programa de Desarrollo Municipal de Palos Blancos*. La Paz, Bolivia: USAID.
- Pérez , M. (1987). *Caracterización Preliminar de 25 materiales de Yuca (Manihot esculenta Crantz) Colectado en los Departamento de Chiquimula, El Progreso, Izabal, Jutiapa y Zacapa*. . GT: Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos Guatemala Facultad de Agronomía. .
- Perez Gomez, R. N. (2013). *EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES Y TRES DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE YUCA. Manihot esculenta (Geraniales; Euphorbiaceae) EN EL PARCELAMIENTO DE CABALLO BLANCO DEL DEPARTAMENTO DE RETALHULEU*". Quetzaltenango, Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/14/Perez-Rudy.pdf>
- Pérez, R. (2013). "EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES Y TRES DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE YUCA. Manihot esculenta (Geraniales; Euphorbiaceae) EN EL PARCELAMIENTO DE CABALLO BLANCO DEL DEPARTAMENTODE RETALHULEU". Quetzaltenango,

Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Campus de Quetzaltenango, TESIS, Previo a conferirle en el grado académico de Licenciado en Ciencias Ambientales y Agrícolas. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/14/Perez-Rudy.pdf>

Quirós , A., & De Diego, J. (2006). Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de yuca (Manihot esculenta). Tesis Lic. San Carlos , Costa Rica.

Rojas, M., & Torrez, E. (2010). EFECTO DE TRES ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN YUCA (Manihot esculenta Crantz) EL PLANTEL, MASAYA, 2007. MANAGUA, NICARAGUA: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL, TRABAJO DE GRADUACIÓN,. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/35165907.pdf>

SADRB. (s.f.). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolivia) Ficha Técnica para el Cultivo de Yuca. La Paz, Bolivia.

Soliz, R., Olivera, J., Rafael, S., & La Rosa, L. (2012). Propagacion in vitro de Carica papaya var.PTM-331 a partir demeristemas apicales. Universidad Nacional Federico Villareal- Facultad de Ciencias Naturales y Matematica.

Sonagua, C. (20 de Marzo de 2018). Todos con Bolivia . Obtenido de <https://todosconbolivia.org/2018/03/20/60-variedades-de-yuca-en-el-vallecito/>

Torres Vargas, L. A. (2010). Caracterización morfológica de 37 accesiones de yuca "(Manihot esculenta Crantz) del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (Tesis de Maestria). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Obtenido de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/670>

Unterladstaetter, R. (2005). Cultivos para los llanos cálidos de Bolivia. Ed. Lewy libros. Primera Edición. Santa Cruz de la Sierra., Bolivia.

- Vaca Lopéz, V. H. (28 de Septiembre de 2020). Características de las Variedades de Yuca del Banco de germoplasma "El Vallecito". Programa de "Raíces y Tuberculos". (E. Mayta, Entrevistador) Santa Cruz, Bolivia.
- Valdez, J., & Hernández, R. (2014). Guía técnica para la producción de yuca. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) . Santo Domingo.
- Vargas, M. (1997). Caracterización Botánica de la Yuca. Manihot esculenta Crantz. "IIA El Vallecito" UAGRAM. Santa Cruz, Bolivia.
- Vargas, M. (1998). Cultivo de la Yuca. Programa Raíces y Tubérculos. "El Vallecito" UAGRAM. Santa Cruz, Bolivia.
- Villarroel, J. (1998). Manual práctico para la interpretación de suelos en laboratorio. Cochabamba-Bolivia: Universidad Mayor de San Simon, AGRUCO, Agroecología Universidad Cochabamba.

ANEXOS

ESTACIÓN EXPERIMENTAL SAPECHI



ARCHIVO FOTOGRAFICO DEL CULTIVO DE YUCA EN LA EES



Anexo 18. Plántulas de yuca a los después de los 15 días después de la siembra.



Anexo 19. Plántulas de yuca a los 30 días después de la siembra



Anexo 20. Plantas de yuca al segundo y cuarto mes después de la siembra



Anexo 21. Plantas de yuca al sexto y octavo mes después de la siembra



Anexo 22. Plantas de yuca al noveno mes después de siembra y cosecha de las variedades Amarilla, Rosadita y Pelecho morado



Anexo 23. Desmalezado y aporque del cultivo de yuca al séptimo mes.



Anexo 24. Apertura del canal de drenaje al área del experimento



Anexo 25. Monitoreo de plagas y enfermedades en el cultivo de yuca



Anexo 26. Cerco perimetral del área experimental



Anexo 27. Ataque de roedores plaga en el enmallado y cultivo de yuca

Nombre común	Nombre científico	Estadio	N° de individuos observados por planta	Insecto plaga
Gusano cachudo	<i>Erinnyis ello</i>	larva	1 - 2	
Mosca blanca	<i>Aleurotrachellus sociales</i>	adulto	6 - 7	
Cienpies	<i>Chilopoda</i>	adulto	12 - 14	
Mosca de las agallas (Jatrophobia)	<i>Latrophobia brasiliensis</i>	larva	12 - 15	

Anexo 28. Principales insectos plaga encontrados en el cultivo

Nombre común	Nombre científico	Porcentaje de lesión en planta	Enfermedad
Mancha parda	<i>Cercosporidium henningsii</i>	5 - 6%	
Sarna o súper alargamiento de la yuca	<i>Sphaceloma manihoticola</i>	4 - 5%	

Anexo 29. Principales enfermedades en el cultivo de yuca

ELABORACION DE CHIVE (Bebida de yuca)



Anexo 30. Cosecha de yuca fresca



Anexo 31. Pelado y raspado de la yuca



Anexo 32. Secado de la yuca después de siete días del fermentado



Anexo 33. Tostado de la yuca a brasa en paila



Anexo 34. Producto final bebida de "Chive"

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SAPECHO

Nitrógeno total (%)	Fosforo disponible Kg/ha	Potasio intercambiable Meq/100 g suelo	pH	M.O (%)
0.17	28.02	0.53	6	2.91

Anexo 35. Análisis químico de suelos Laboratorio EES-UMSA

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Clasificación	Niveles de N total (%)
Muy bajos	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.15
Moderado	0.15 – 0.20
Alto	0.20 – 0.30
Muy alto	> 0.30

Anexo 36. Clasificación Niveles de Nitrógeno total (%), Villarroel (1998)

Clasificación	P asimilable	
	ppm	kg/ha
	equivalente	
Muy bajo	0 – 5	0 – 12.5
Bajo	6 – 15	15 - 37.5
Medio	16 – 25	40 – 62.5
Alto	26 – 45	65 – 112.5
Muy alto	Mayor 45	Mayor 112.5

Anexo 37. Clasificación de fosforo asimilable kg/ha

Clasificación	K Intercambiable Meq/100 gr suelo
Muy bajo	< 0.25
Bajo	0.26 – 0.50
Moderado	0.51 – 0.75
Alto	0.76 – 1.00
Muy alto	> 1.00

Anexo 38. Clasificación de potasio intercambiable Meq/100 g. suelo

Clasificación	pH
Muy fuerte ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 - 5.2
Moderadamente ácido	5.3 - 5.9
Débilmente ácido	6.0 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.0
Débilmente alcalino	7.1 - 7.5
Moderadamente alcalino	7.6 - 8.0
Fuertemente alcalino	8.1 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	Mayor de 9.0

Anexo 39. Clasificación pH del suelo

Clasificación	Contenido M. O. (%)
Muy bajos	0.0 – 1.0
Bajos	1.1 – 2.0
Moderados	2.1 – 4.0
Altos	4.1 – 8.0
Muy altos	> - 8.0

Anexo 40. Clasificación contenido de materia orgánica (%)

TRATAMIENTO	VARIABLES COSECHA RENDIMIENTO					Días a la E	kg./planta/m2 (kg)	*10000/1000
	Hp (cm)	D de T.(cm)	U/P	P/PL(kg)	Lon.raiz(cm)			Rendimiento (Tn/ha)
V1	198,6	3,2	14,00	2,2	32,5	15	2.3	23
V2	245,6	3,4	13,00	2,4	34,2	15	2.37	23.7
V3	188,9	2,3	8,00	1,5	17	12	1.63	16.3
V4	237,4	3.8	10,00	1,82	29	14	1.82	18.2
V5	201,5	3.4	10,00	2,1	18,6	13	2.08	20.8
V6	212,1	3,5	7,00	1,4	29,2	13	1.44	14.4
V7	198,5	3.55	10,00	1,82	40,8	14	1.82	18.2
V8	199,8	3,68	9,00	2,6	30,8	12	2.55	25.5
V9	237,8	3,78	13,00	3,06	42,4	12	3.06	30.6
V10	188,6	2,3	4,00	0,58	22,4	14	0.58	5.8
V1	202,5	3,4	16,00	2,5	23,3	15	2.3	23
V2	240,6	3,3	14,00	2,8	36,5	16	2.77	27.7
V3	179,8	2,2	8,00	1,7	16	13	1.63	16.3
V4	239,5	3,7	13,00	1,86	36	15	1.86	18.6
V5	205,7	3,3	8,00	1,16	30	12	1.17	11.7
V6	220	3,5	6,00	1,14	28,1	13	1.14	11.4
V7	200,3	3,55	12,00	1,73	38,8	12	1.73	17.3
V8	195,6	3,68	8,00	2,4	32,4	12	2.55	25.5
V9	235,3	3,78	16,00	2,6	39,3	12	2.66	26.6
V10	183,2	2,4	6,00	1,36	19,2	15	1.36	13.6
V1	209,7	3,3	13,00	2,3	33,1	15	2.3	23
V2	247,3	3,5	12,00	2,5	32,4	15	2.75	27.5
V3	175,8	2,4	9,00	1,4	15	13	1.63	16.3
V4	240,5	3	12,00	1,69	28	14	1.69	16.9
V5	208	3,1	9,00	1,28	26,4	13	1.28	12.8
V6	224,8	3,7	9,00	1,14	42,3	14	1.14	11.4
V7	203,9	3,55	11,00	1,74	32,2	15	1.74	17.4
V8	198,9	3,68	10,00	2,6	29,3	13	2.55	25.5
V9	240,9	3,78	11,00	3	48,1	13	3.02	30.2
V10	184,3	2,3	7,00	1,33	16	13	1.65	16.5
V1	199,9	3,5	14,00	2,2	33,1	15	2.3	23
V2	239,6	3,4	15,00	2,5	30,6	15	2.54	25.4
V3	189,9	2,3	11,00	1,7	13	11	1.63	16.3
V4	225,9	3,5	13,00	1,7	34	13	1.7	17
V5	198,8	4	10,00	1,62	28,2	15	1.62	16.2
V6	217,4	3,6	6,00	1,3	30,2	14	1.5	15
V7	199,4	3,55	10,00	1,47	30,6	15	1.5	15
V8	201	3,68	9,00	2,4	32,7	12	2.55	25.5
V9	245	3,78	15,00	2,9	39,4	12	2.97	29.7
V10	183,4	2,32	6,00	1,66	11,4	16	1.32	13.2

ANEXO 41. Rendimientos de producción de diez variedades de yuca

ANEXO 25. Base de datos de las matrices ANVA, evaluación de diez variedades de Yuca

Análisis de la varianza

HP

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HP	40	0.96	0.95	2.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17433.94	9	1937.10	91.49	<0.0001
TRATAMIENTO	17433.94	9	1937.10	91.49	<0.0001
Error	635.20	30	21.17		
Total	18069.14	39			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=11.09904

Error: 21.1734 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
V2	243.28	4	2.30	A
V9	239.75	4	2.30	A
V4	235.83	4	2.30	A
V6	218.58	4	2.30	B
V5	203.50	4	2.30	C
V1	202.68	4	2.30	C
V7	200.53	4	2.30	C
V8	198.83	4	2.30	C
V10	184.88	4	2.30	D
V3	183.60	4	2.30	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

DT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIAMETRO DE TALLO	40	0,80	0,74	8,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,14	9	1,13	13,48	<0,0001
TRATAMIENTO	10,14	9	1,13	13,48	<0,0001
Error	2,51	30	0,08		
Total	12,65	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69735

Error: 0,0836 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
V9	3,78	4	0,14	A
V8	3,68	4	0,14	A
V6	3,58	4	0,14	A
V7	3,55	4	0,14	A
V4	3,50	4	0,14	A
V5	3,45	4	0,14	A
V2	3,43	4	0,14	A
V1	3,35	4	0,14	A
V10	2,33	4	0,14	B
V3	2,30	4	0,14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

UNIDADES POR PLANTA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
UNIDADES	40	0.85	0.80	12.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	307.03	9	34.11	18.69	<0.0001
TRATAMIENTO	307.03	9	34.11	18.69	<0.0001
Error	54.75	30	1.83		
Total	361.78	39			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.25853

Error: 1.8250 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
V1	14.25	4	0.68	A
V9	13.75	4	0.68	A B
V2	13.50	4	0.68	A B
V4	12.00	4	0.68	A B C
V7	10.75	4	0.68	B C
V5	9.25	4	0.68	C D
V8	9.00	4	0.68	C D E
V3	9.00	4	0.68	C D E
V6	7.00	4	0.68	D E
V10	5.75	4	0.68	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

LONG.raiz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONG.raiz	40	0.81	0.76	14.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2404.95	9	267.22	14.64	<0.0001
TRATAMIENTO	2404.95	9	267.22	14.64	<0.0001
Error	547.55	30	18.25		
Total	2952.49	39			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.30482

Error: 18.2516 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
V9	42.30	4	2.14	A	
V7	35.60	4	2.14	A	B
V2	33.43	4	2.14	A	B
V6	32.45	4	2.14	A	B
V4	31.75	4	2.14		B
V8	31.30	4	2.14		B
V1	30.50	4	2.14		B
V5	25.80	4	2.14	B	C
V10	17.25	4	2.14		C D
V3	15.25	4	2.14		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

PESO POR PLANTA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO TOTAL	40	0.88	0.84	12.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.34	9	1.37	24.35	<0.0001
TRATAMIENTO	12.34	9	1.37	24.35	<0.0001
Error	1.69	30	0.06		
Total	14.03	39			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.57239

Error: 0.0563 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
V9	2.89	4	0.12	A	
V2	2.55	4	0.12	A	B
V8	2.50	4	0.12	A	B
V1	2.30	4	0.12		B C
V4	1.77	4	0.12		C D
V7	1.69	4	0.12		D
V3	1.58	4	0.12		D
V5	1.54	4	0.12		D
V6	1.25	4	0.12		D
V10	1.23	4	0.12		D

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes
($p > 0.05$)**

Tn/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
tn/ha	40	0,89	0,86	11,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1271,09	9	141,23	27,82	<0,0001
TRATAMIENTO	1271,09	9	141,23	27,82	<0,0001
Error	152,29	30	5,08		
Total	1423,38	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,43466

Error: 5,0765 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
V9	29,28	4	1,13	A	
V2	26,08	4	1,13	A	B
V8	25,50	4	1,13	A	B
V1	23,00	4	1,13		B C
V4	17,68	4	1,13		C D
V7	16,98	4	1,13		D
V3	16,30	4	1,13		D
V5	15,38	4	1,13		D
V6	13,05	4	1,13		D
V10	12,28	4	1,13		D

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes
($p > 0,05$)**