

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación
asexual de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

Autor:

Bach. Lidia SANCHEZ CONDORI

Asesor:

Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA

La Merced – Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación
asexual de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR
PRESIDENTE

Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA
MIEMBRO

Mg. Karina Jessica MARMOLEJO GUTARRA
MIEMBRO

DEDICATORIA

*A mi hija, por motivarme a seguir adelante para cumplir este sueño. A mis padres **Domingo SANCHEZ AUQUI** y **Ayde Antonia CONDORI TOVAR**, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.*

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados, ya que gracias a él se ha logrado concluir mi carrera.

A mis padres porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mi vida mejor persona, a mis hermanos por sus palabras y su compañía, también dedico a mi hija N. L. Brihana Yauri Sanchez quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar ser un ejemplo para ella.

A todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este proyecto.

A mis maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como la sabiduría que me transmiten en el desarrollo de mi formación profesional, en especial al Ing. Iván Sotomayor Córdova, por permitirme realizar este ensayo y llegar a la culminación de mi investigación.

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta* L.), juntamente con otros cultivos como el maíz, el arroz, pituca, plátanos, constituyen las principales fuentes de energía más importantes en las regiones tropicales como la selva central del Perú; estos productos son considerados como componente básico de la dieta alimenticia de 92 países y a más de 500 millones de personas. La utilización de enraizadores naturales es conocida en el ámbito de la propagación asexual en viveros, debido al alto costo que tienen los productos químicos, sin embargo, cada tipo de enraizador natural es particular para cada tipo de planta, es así que en el presente trabajo de investigación se propuso la utilización de enraizadores naturales en base a soja, canela, café, lentejas y sauce en esquejes de yuca. El Diseño experimental que se empleó en el desarrollo del proyecto de investigación fue el Diseño Completo al Azar (DCA) con 5 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento. Los resultados muestran que para la variable número de raíces, la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) nos muestra que el tratamiento T2 (Enraizador de Soja), ocupa el primer puesto con respecto de los demás tratamientos en la cuarta evaluación. Para la variable longitud de raíces, los tratamientos T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café), T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) ocupan el primer puesto con respecto al tratamiento T5 (Enraizador de Sauce). Para la variable grosor de raíces, se observa que los tratamientos T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) ocupan el primer puesto con respecto de los demás tratamientos. Para la variable número de ramas, no existe efecto diferenciado de los tratamientos, en el análisis de varianza se observa diferencia estadística no significativa y la prueba de significación de Duncan nos muestra a todos los tratamientos ocupando el primer puesto.

Palabras clave: yuca, reproducción asexual, enraizador, estaca, sustrato, vivero.

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* L.), together with other crops such as corn, rice, pituca, and bananas, constitute the main sources of energy in tropical regions such as the central jungle of Peru; These products are considered a basic component of the diet of 92 countries and more than 500 million people. The use of natural rooters is known in the field of asexual propagation in nurseries, due to the high cost of chemical products, however, each type of natural rooster is particular for each type of plant, so in the present work, The use of natural rooters based on soybeans, cinnamon, coffee, lentils and willow in cassava cuttings was proposed. The experimental design that was used in the development of the research project was the Complete Random Design (DCA) with 5 treatments with 3 repetitions per treatment. The results show that for the variable number of roots, Duncan's significance test ($\alpha = 0.05$) shows us that treatment T2 (Soybean Rooter), ranks first among the other treatments in the fourth evaluation. For the root length variable, treatments T3 (Cinnamon Rooter), T4 (Coffee Rooter), T2 (Soybean Rooter), and T1 (Lentil Rooter) rank first concerning treatment T5 (Willow Rooter). For the root thickness variable, it is observed that the treatments T2 (Soybean Rooter) and T1 (Lentil Rooter) occupy the first position concerning the other treatments. For the variable number of branches, there is no differentiated effect of the treatments, in the analysis of variance a non-significant statistical difference is observed and Duncan's test of significance shows us all the treatments occupying the first position.

Keywords: cassava, asexual reproduction, rooster, stake, substrate, nursery.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* L.), juntamente con otros cultivos como el maíz, el arroz, pituca, plátanos, es la principal fuente de energía en los trópicos como la selva central del Perú; estos productos son considerados como componente básico de la dieta alimenticia de 92 países y a las personas en un número de más de 500 millones. De la producción mundial de yuca, el 80 % es utilizado en la alimentación humana y el 20 % restante es usado en la alimentación animal.

En el Perú se cultivan 116,820 hectáreas y la producción promedio por hectárea es de 10 a 15 toneladas; Loreto con 29 % es el mayor productor y Junín representa un 7% (INIA, 2007). Los agricultores de la Selva Central tienen rendimientos más bajos en la producción de yuca por varias razones, entre ellas: usan variedades de crecimiento tardío (12 meses), usan esquejes contaminados, variabilidad en el proceso de producción, etc.

Todas estas causas originan problemas como una heterogeneidad en el proceso de enraizamiento en campo, lo que conlleva a que se presenten vacíos que generan actividades extras como el recalce originando un incremento en los costos de producción, por tal este estudio planteó la posibilidad de que pudieran ser utilizados enraizadores naturales en el proceso de producción de la yuca.

La utilización de enraizadores naturales es conocida en el ámbito de la propagación asexual en viveros, debido al alto costo que tienen los productos químicos, sin embargo, cada tipo de enraizador natural es particular para cada tipo de planta, es así que en el presente trabajo de investigación se propuso la utilización de enraizadores naturales en base a soja, canela, café, lentejas y sauce en esquejes de yuca.

INDICE

| | |
|----------------|--|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCIÓN | |
| INDICE | |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|---|
| 1.1. Identificación y determinación del problema..... | 1 |
| 1.2. Delimitación de la investigación | 2 |
| 1.3. Formulación del problema..... | 3 |
| 1.3.1. Problema General | 3 |
| 1.3.2. Problemas específicos | 3 |
| 1.4. Formulación de objetivos | 3 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 3 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.5. Justificación de la investigación | 4 |
| 1.6. Limitaciones de la investigación..... | 5 |

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1. Antecedentes de estudio | 6 |
| 2.2. Bases teóricas - científicas | 11 |
| 2.2.1. El cultivo de yuca | 11 |
| 2.2.2. Enraizadores | 25 |
| 2.2.3. Enraizadores naturales..... | 29 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 32 |
| 2.4. Formulación de hipótesis | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.4.1. Hipótesis general..... | 33 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas..... | 33 |
| 2.5. Identificación de variables..... | 33 |
| 2.5.1. Variable independiente..... | 33 |
| 2.5.2. Variable dependiente..... | 33 |
| 2.6. Definición operacional de variables e indicadores..... | 34 |

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 3.1. Tipo de investigación. | 35 |
| 3.2. Nivel de investigación | 35 |
| 3.3. Métodos de investigación | 35 |
| 3.4. Diseño de investigación | 35 |
| 3.3.1. Modelo aditivo lineal | 35 |
| 3.3.2. Análisis de variancia..... | 36 |
| 3.3.3. Croquis de campo | 36 |
| 3.3.4. Tratamientos experimentales | 36 |
| 3.3.5. Características de la estaca | 37 |
| 3.5. Población y muestra | 37 |
| 3.5.1. Población | 37 |
| 3.5.2. Muestra | 37 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 37 |
| 3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación | 37 |
| 3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 38 |
| 3.9. Tratamientos estadísticos | 38 |
| 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica..... | 38 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1. Descripción del trabajo de campo..... | 39 |
|--|----|

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.1 | Lugar de ejecución | 39 |
| 4.1.2 | Materiales y equipos..... | 40 |
| 4.1.3 | Descripción de los tratamientos..... | 42 |
| 4.1.4 | Evaluación de las variables | 42 |
| 4.1.5 | Procedimiento y conducción del experimento..... | 42 |
| 4.2. | Presentación, análisis e interpretación de resultados..... | 46 |
| 4.2.1 | Número de raíces | 46 |
| 4.2.2 | Longitud de raíces | 54 |
| 4.2.3 | Grosor de raíces..... | 61 |
| 4.2.4 | Número de ramas..... | 67 |
| 4.3. | Prueba de hipótesis | 74 |
| 4.4. | Discusión de resultados..... | 75 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Para la producción de yuca, el método asexual por estacas es la técnica de propagación más difundida y practicada por todos los productores de yuca en selva central.

De todos los métodos de propagación asexual, la estaca es un método que se caracteriza por que por medio de ella se reproduce individuos o descendencia genéticamente iguales a los parentales. La estaca viene a ser cualquier porción o parte vegetativa, la cual se desprende o separa de la planta madre y es capaz de desarrollar una nueva planta idéntica a la planta del cual se obtuvo la estaca. La obtención de las estacas es un medio rápido, fácil y barato en comparación con otros métodos. Existen una gran cantidad de especies vegetales que se pueden propagar por medio de estacas, es por ello que es usada principalmente en jardinería.

Una de las grandes dificultades que se presenta al momento de utilizar las estacas y lograr las máximas ganancias en campo definitivo es la enorme variabilidad clonal que presenta las estacas en el proceso de enraizamiento, sin

embargo, los estudios han demostrado que la utilización de productos que inducen al enraizamiento de estacas ha conseguido vencer este aspecto.

Sin embargo, el costo de los productos enraizadores, no permite que sean utilizados por todos los productores de yuca, más aún cuando una situación mundial como la pandemia a causa del COVID-19, y la cuarentena propuesta por el gobierno central, han mermado los ingresos económicos familiares.

Ante esta situación es que el proyecto se involucra buscando alternativas que estén al alcance de los agricultores de más bajos recursos, y pretende encontrar alternativas en la fase de enraizamiento de las estacas de yuca con productos naturales y orgánicos que permitan reducir las actividades y costos por recalce.

Estos aspectos nos han permitido plantear la ejecución de este trabajo de investigación, y así poder determinar el efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca, y que los resultados permitirán adoptar una tecnología que conlleve a mejorar la producción de yuca.

1.2. Delimitación de la investigación

Generalmente la propagación vegetativa (asexual por estacas) es más costosa (por unidad de propágulo) que la propagación sexual o por semilla botánica, donde el costo de producción de propagar vegetativamente puede requerir cultivos de protección (estructuras cubiertas de vidrio o polietileno), estructuras de enraizamiento de calor en fondo y sistemas intermitentes de nebulización, etc.

Para las especies que pueden ser fácilmente propagadas por estaca, este método tiene numerosas ventajas: muchas plantas nuevas pueden ser iniciadas en un espacio limitado de unas pocas plantas madres. Además, es barato comparado con otros métodos asexuales, es rápida y simple y no requiere técnicas especiales.

Sin embargo, la propagación asexual por estacas presenta algunos inconvenientes; como: la imposibilidad de una resistencia especial de la raíz a condiciones desfavorables; los reducidos porcentajes de prendimiento en algunas especies y variedades; la producción limitada del material madre; y los riesgos de plagas y enfermedades.

Dentro de todos los inconvenientes mencionados, los reducidos porcentajes de prendimiento (enraizamiento), que se presentan en campo, haciendo que el desarrollo del cultivo no sea uniforme, e incluso el momento de cosecha no es uniforme, es el problema en el cual el proyecto estará delimitado, pues evaluará el efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual del cultivo de yuca.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cuáles son los efectos de cinco enraizadores naturales para la propagación asexual de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el mejor producto enraizador natural en la propagación asexual de yuca?
- ¿Cómo es el crecimiento y desarrollo radicular con el uso de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar los efectos de cinco enraizadores naturales para la propagación asexual de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz.).

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar al mejor producto enraizante natural en la propagación asexual de yuca.

- Comparar el crecimiento y desarrollo radicular con el uso de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca.

1.5. Justificación de la investigación

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), también conocida como mandioca, es el cuarto alimento básico más importante del mundo después del arroz, el trigo y el maíz, y es un alimento básico para más de mil millones de personas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

La yuca es probablemente la especie tropical más eficiente en términos de producción de carbohidratos por unidad de área. Por lo tanto, es de gran importancia en la pequeña producción agrícola y favorece a los consumidores de bajos ingresos. Aparte de que se han desarrollado diferentes recetas en países productores tradicionales y exquisitos.

La utilización de productos naturales orgánicos en el proceso de producción de los cultivos es conocido desde tiempos incaicos, sin embargo, su riqueza de elementos que requiere la planta es específico para cada tipo de planta por lo que es necesario determinar cuál de ellos es de mayor efecto en la producción de los cultivos.

El problema mundial que se ha presentado producido por el COVID-19, no ha permitido que los agricultores generen ingresos económicos a sus familias, si ya de por si esto es un problema, tratar de conseguir la mejor producción con recursos económicos limitados, es casi imposible.

La yuca, en selva central se ha convertido de un alimento de primera necesidad, ya que, en tiempos de escases, es un cultivo que ayuda en la dieta de la familia, a esto se le suma el método de propagación que se practica en la yuca y que no todas las estacas logran enraizar, aumentando los costos por recalce.

Por lo expuesto es necesario buscar alternativas que estén al alcance de los agricultores para reducir los costos por recalce, buscando que el cien por ciento de las estacas logren enraizar y por ende elevar la producción de yuca.

1.6. Limitaciones de la investigación

La ejecución de la investigación es factible desde la perspectiva de recursos financieros, humanos y materiales, el proyecto no tiene efectos negativos de ningún tipo en el ser humano, animales o en el medio ambiente.

La limitación puede darse si se presentan problemas de convulsión social, como huelgas y paros, que atenten con la integridad del personal y materiales de investigación u otra situación que no permita la presencia del investigador en campo.

Otra limitación más cercana y que estamos pasando es la pandemia ocasionada por la Covid-19, que ha retardado la investigación en diferentes áreas de la ciencia. Esto se debe a las restricciones de seguridad sanitaria y a las cambiantes prioridades del gobierno nacional. La situación puede ser crítica para muchos proyectos si la enfermedad no es controlada y la curva de contagio vuelva a ser creciente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En 2004, Rodríguez y Hechevarría evaluaron tratamientos de control de extractos de las plantas medicinales investigadas, gel bálsamo de *Aloe vera* L. y reguladores de crecimiento sintéticos para germinación y enraizamiento. Cada réplica consistió en tubos de ensayo que contenían el medio de crecimiento apropiado para cada especie, con un explante sembrado en cada tubo. Se encontraron efectos estimulantes del crecimiento en los extractos probados, correspondiendo el mejor comportamiento al gel de *A. vera*, que supera a los reguladores utilizados convencionalmente en la formación de raíces. Este hecho indicó la posible presencia de actividad de auxina en el mismo. El extracto de sauce (*Salix humboldtiana* Wild) también se comportó satisfactoriamente en este sentido, confirmando los resultados obtenidos anteriormente. Sin embargo, ninguno de los extractos mostró evidencia significativa de actividad de citoquinina. En este caso, los extractos de *Plantago lanceolata* L. y *Plantago major* L. dieron mejores resultados. De Faria (2003) evaluó el efecto del uso de un biológico como promotor de enraizamiento de Margros en plantaciones de higuera en 2002 y 2003 en la finca 'El Chico' de la Empresa Tropiflora del Ministerio de Agricultura de Cuba. Los cultivares de higo utilizados fueron el

grupo de higos Golden King, Nitida y Exotica. El tratamiento fue Biostan, Rizobac y Pektirf a una concentración de 20 mg. L-1 y lysopon al 0,1% como control. Las variables evaluadas fueron número, uniformidad, longitud de raíces y diámetro de raíces sueltas. Los resultados indicaron que los biológicos de enraizamiento fueron efectivos, que hubo diferencias en las respuestas de los cultivares evaluados, y que la factibilidad de utilizar pectirf como promotor de enraizamiento en maven, y que las hormonas importadas podrían ser reemplazadas por biológicos domésticos, indicaron que puede ser reemplazada por formulaciones.

Giraldo, Ríos y Polanco (2009), en su investigación titulada “Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos” evaluaron dos sustancias promotoras de enraizamiento en estacas de mataratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y sauce (*Salix humboldtiana*). Los tratamientos consistieron en la aplicación de rizomas sintéticos (hormonas), rizomas naturales (extracto de aloe vera) y un testigo sin aplicación de inductor. Los resultados obtenidos indican que se deben utilizar tres especies de estimulantes de enraizamiento. El extracto de A. vera tuvo un mejor efecto sobre el enraizamiento en 3 especies, siendo más pronunciado en *S. humboldtiana* a los 60 días de la aplicación. La especie *T. gigantea* no mostró diferencia significativa con respecto a la aplicación de estimulantes de enraizamiento. En cuanto a la tolerancia de las especies al encharcamiento del sustrato vegetal, *S. hmboldtiana* mostró mayor tolerancia, mientras que *T. gigantea* mostró el mayor problema con la pudrición.

En el 2007, Hernández, Benítez, Soto y Domini; sobre flores tropicales cortadas, debido a su lento crecimiento, se estudió los efectos de mezclas de oligogalacturónidos en varias variables de crecimiento. Los experimentos se realizaron en NARO en condiciones semicontroladas. La aplicación foliar del producto se realizó a dosis de 5 y 10 mg. l 1, tratamiento de control instantáneo

sin pulverización. Se evaluó la altura de la planta y se analizó la dinámica en ciclos mensuales de 2 meses a 15 meses después del trasplante. Para liberación de hojas y liberación de flores, se evaluaron a los 6, 8 y 10 meses después de la aplicación del producto. Se encontró una respuesta significativa del producto para la liberación variable en las hojas, pero no para la liberación de las flores, lo que no fue respaldado por la aplicación del bioestimulante 17 días antes del pico de crecimiento.

Borges, León, Marturet y Barrios (2016) reportaron que brotes jóvenes de *Ocimum basilicum* (OB), *Cnidocolus chayamansa* (CC) fueron sumergidos en un extracto acuoso al 10% p/v en morera durante el período de vivero. Estudiamos el fitoestimulante Efectos de los extractos de plantas. *Kalanchoe pinnata* (KP), *Gliricidia sepium* (GS), *Melissa officinalis* (MO), *Coleus amboinicus* (CA) y *Aloe vera* (AV), y testigos utilizando agua con etanol al 2% y 20 esquejes por tratamiento. Una bolsa con un sustrato de arcilla plantado en ella. Después de 30 días, evaluaron el peso seco de los segmentos aéreos y radiculares, la tasa de brotación y el número de hojas por esqueje. El extracto de MO determinó la germinación más fuerte (80,1 %), mostró una diferencia con otros tratamientos ($P \leq 0,001$). Se encontró un promedio de 10,7 hojas por estaca. Los resultados de la biomasa atmosférica mostraron que el remojo basal de los esquejes en extracto de CA tuvo un efecto positivo en la liberación de las estructuras de las hojas en comparación con el tratamiento de control. Para las fracciones de raíces, encontramos que el tratamiento con GS (0,61 g de peso seco por corte) dio como resultado un mayor porcentaje de raíces liberadas, mientras que los demás tratamientos tuvieron efectos similares a los de la inmersión en agua con etanol. Se concluyó que el uso de extractos de *G. sepium* y *M. officinalis* favoreció la propagación vegetativa durante el desarrollo temprano de la morera.

Cajamarca (2016) determinaron la eficiencia de las hormonas comerciales y de origen natural para lograr el mayor porcentaje de enraizamiento en ramillas de cacao tipo Nacional. En su estudio utilizó sustratos en una proporción de 1:2:1 (arena fina, tierra y humus). El criadero fue construido para ser transmisor de luz bajo un invernadero con temperatura controlada entre 10°, 26°C y 32°C. La humedad relativa dentro de la bolsa de la aspiradora es de 95°. Los tratamientos estudiados fueron T1 Citoquín, T2 Eco Hormonas, T3 Hormonagro, T4 Extracto de Lenteja, T5 Agua de Coco Tender y T6 Hormonagro Polimero. La eficacia de las hormonas comerciales mostró la tasa de enraizamiento de las ramas de cacao nacional a los 5 días, siendo el 58% el más alto correspondiente al T3, el 1 % el más bajo al T2 y el 10% el más bajo al T1. Es consistente con estudios que han demostrado que el uso de productos como polvos de enraizamiento a base de auxina tiene resultados positivos en la supervivencia de plantas leñosas propagadas por varios métodos asexuales. La eficiencia mostró tasa de enraizamiento después de 5 días en ramas de cacao doméstico, y T5 mostró una alta tasa de enraizamiento del 52%.

En 2017, Sisa utilizó extractos botánicos de veza, maíz y sauce con un sustrato (50% tierra negra de Páramo, 50% piedra pómez) como bioestimulante de enraizamiento en vasos descartables de 10 onzas para 6 plantas de la variedad Natal Briar esquejes de rosas. Velocidad. A continuación, se resumen los datos obtenidos en campo. Para días variables a la germinación, el tratamiento E1C2 (250 g de semillas veterinarias germinadas/500 ml de agua destilada) mostró el menor tiempo de germinación con un promedio de 12,8 días. No hay diferencia estadística significativa a los 15 días de longitud de brote variable. Sin embargo, E1C2 tuvo un promedio máximo de 0,36 cm, E2C1 (semilla de maíz germinado 125 g/500 ml de agua destilada) tuvo un promedio máximo de 1,38 cm después de 30 días y E2C1 tuvo un promedio máximo de

3,18 cm después de 45 días. Para longitud de raíz variable y volumen de raíz variable a los 15, 30 y 45 días, el mejor tratamiento fue E1C2, con longitud de raíz de 5,9 cm y volumen de raíz de 1,96 cm³ a los 45 días.

En 2012, Ballesteros, Piedrahita, Melo y Peña informaron que la hormona 1 (1,5 g·l⁻¹), Bifixgro (2,5 ml·l⁻¹), extracto de *Aloe vera* (80 ml·l⁻¹) y ácido salicílico Evaluamos dos promotores de enraizamiento. *Sedum acre*, *S. luteoviride*, *S. reflexum* y *S. Sediform* Se realizó un ANOVA de los factores y sus interacciones. Especies, metodología aplicada, promotores e interactuadores metodología*especies mostraron diferencias significativas con una precisión de $\alpha=0.05$, se realizó la prueba de Tukey y se concluyó que el extracto de *Aloe vera* y Bifixgro dieron los mejores resultados, la especie con mayor respuesta fue *S. reflexum*, con combinaciones de inmersión y inmersión/rociado foliar que se encuentran entre los mejores métodos de aplicación.

Pascolini (2013) evaluó el efecto de enraizamiento de los extractos acuosos de sauce (*Salix fragilis* L), plantago (*Plantago lanceolata* L), aloe (*Aloe vera* L) y la combinación de extractos de *P. lanceolata* y *S. fragilis* sobre estacas de romero, (*Rosmarinus officinalis* L). Se comparó el poder de enraizamiento del extracto natural con el del producto comercial ANA (ácido naftaleno acético). Las pruebas se realizaron al aire libre en terreno artificial, y la temperatura y la precipitación se registraron periódicamente. Se determinó la estimulación del enraizamiento a los meses del trasplante, se evaluó la calidad de la raíz, la cantidad, el número de callos por estaca y el peso fresco de las ramas, y se expresó el efecto de enraizamiento en un 7%. Los resultados encontraron que el enraizamiento con el extracto de *P. lanceolata* fue similar al enraizamiento con el control de agua destilada, y que los tratados con ANA y *A. Mira*. Se observó un efecto inhibitorio tras la exposición a la combinación de extracto de *S. fragilis* y extracto de *P. lanceolata*, posiblemente debido al uso de altas concentraciones de extracto de sauce.

Condori (2006), manifiesta que, el trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de La Paz y que se hizo énfasis en la propagación del arce negundo, a través del método asexual por estacas con la aplicación de enraizadores naturales, para tener un porcentaje de plantas vivas y que estas tiendan a salir en menor tiempo posible a plantación a campo definitivo. Pero de acuerdo a los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación se ve que esta especie de arce negundo respondió satisfactoriamente a las aplicaciones de enraizadores naturales. Que tienen un promedio total en las cuatro aplicaciones del 70 % de prendimiento. En cuanto a los enraizadores naturales, se puede deducir claramente el que mejor respondió en la propagación asexual (estacas), en ambos tipos de estaca fue la aplicación del extracto de sauce, seguido del jugo (agua) de coco. Finalmente, los costos de producción (estimación para 1200 plantines), por tratamiento fue claramente simultaneo, obteniendo un mayor beneficio costo para el tratamiento de a1b3 con 4.63, seguido de a1b2 con 3.73 y con un beneficio costo negativo para a2b1 con - 0.28, pero en si para la producción de 1200 plantines en el trabajo se obtuvo un beneficio costo de 1.88, lo cual es admisible y rentable desde el punto de vista económico.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. El cultivo de yuca

A. Origen

A pesar de que no se conoce con certeza el origen de la yuca, se piensa que proviene de Sur América, ubicando la Amazonía como lugar de origen debido a la alta variabilidad de germoplasma encontrado en esta región (Olsen y Schaal, 1999).

México es otro sector de la geografía mundial donde se concentran gran variedad de especies del género *Manihot*, pero se mantiene la creencia que la domesticación del cultivo se dio en la cuenca del Río Paraná y el noreste de

Brasil, aun así, se encuentra a lo largo de todo el Continente Americano desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina tanto en zonas tropicales como subtropicales, se cree que llegó a África y Asia por medio de los primeros europeos que llegaron a América y la distribuyeron en sus colonias de estos continentes (Enciclopedia Océano, 2002).

B. Taxonomía

Según IITA (1999), la planta de yuca es un arbusto de fenología perenne, de 1 a 5 m de altura de planta según la variedad, y con una altura promedio de 3 m entre variedades, que consta de las siguientes estructuras:

| | |
|-------------|----------------------------|
| División | : Phanerógamas |
| Subdivisión | : Angiospermas |
| Clase | : Dicotiledoneas |
| Subclase | : Choripetales |
| Orden | : Geraniales |
| Suborden | : Tricoccae |
| Familia | : Euphorbiaceae |
| Sub familia | : Crotonidae |
| Tribu | : Manihoteae |
| Género | : Manihot |
| Especie | : Manihot esculenta Crantz |

C. Morfología

Según IITA (1999), la yuca es un arbusto perenne, de 1 a 5 m de altura según la variedad, con una altura promedio de 3 m entre variedades, que consta de las siguientes estructuras:

- Raíz tuberosa
- Raíz absorbente

- Tallo principal
- Ramificación lateral
- Nódulo
- Hoja
- Fruto
- Ramificación
- Reproductiva
- Inflorescencia

a. Sistema radical

El sistema de raíces de las plantas de yuca está compuesto principalmente de dos componentes: raíces fibrosas y raíces tuberosas. Durante las primeras fases de desarrollo, no hay diferencia entre raíces fibrosas y tuberosas. La diferenciación ocurre con la acumulación de almidón en la raíz del tubérculo. Las raíces fibrosas pueden tener hasta 2 m de largo.

La producción de raíces depende del origen de la semilla, el sexo o la nutrición. Si las semillas son de origen sexual, tienen raíz pivotante; si son de origen vegetativo, producen raíces adventicias. Para semillas vegetativas, la liberación de raíces está influenciada por su posición.

b. Tallo

La posición alternada de los nudos y entre nudos forman los tallos. Los nudos son el punto en que las hojas se unen al tallo y el entre nudo es la porción del tallo comprendida entre dos nudos sucesivos (IITA, 1999.).

El tallo se divide ampliamente en dos tipos, el tipo plano y el tipo vertical. Este patrón de crecimiento del tallo depende de factores tanto varietales como fisiológicos e influyen directamente en la productividad del cultivo (IITA, 1999).

El tallo consta de dos tipos de ramificaciones reproductivas, de las cuales se genera la inflorescencia, y vegetativas las cuales son simples ramas laterales, cuya función es de mejorar la distribución del área foliar para la captación de luz (IITA, 1999).

c. Hojas

Las hojas son simples, formadas por un limbo y un pecíolo. Las láminas de las hojas son palmeadas con un número variable de lóbulos, de 3 a 9 por hoja, y los pecíolos en la mayoría de los casos varían de verde oscuro a púrpura y pueden medir hasta 20 cm de largo. Las hojas se pueden clasificar según la forma de la hoja en ovadas, elípticas, lanceoladas, gobernantes, ovadas-lanceoladas, panduladas y convexas.

El tamaño de la hoja está estrechamente relacionado con la edad del cultivo, ya que el tamaño de la hoja y el área foliar disminuyen con el tiempo. Además, hay gran relación en el tamaño de las hojas y épocas de sequía en donde se producen menos hojas y estas son más pequeñas, (CIAT, 1981 y Mejía de Tafur, El-Sharkawy, Cadavid, 1997).

d. Inflorescencia

La yuca es una planta dioica. Es decir, la misma planta tiene flores unisexuales, generalmente en la misma inflorescencia, con flores masculinas ocupando la posición distal y flores femeninas ocupando la base en una estructura de racimo. Ya sea masculina o femenina la flor consta de una bráctea primaria, una bractéola y órganos foliáceos.

D. Factores agroclimáticos

a. Temperatura

La yuca es un cultivo que se adapta a temperaturas entre 20°C y 30°C. En algunas regiones del mundo, la yuca produce sus máximos rendimientos a temperaturas de 25 a 27°C, siempre que exista adecuada humedad para el crecimiento (Enciclopedia Océano, 2002). Apparently in the Atlantic region the ideal conditions of temperature and humidity are found throughout the year, for successfully cultivating the yuca (Navarro, 1990).

b. Precipitación

La yuca se cultiva con éxito en áreas con precipitaciones de 500 mm a 3000 mm. anualmente (Navarro, 1990). En condiciones de baja precipitación, es importante que la distribución de la precipitación sea similar a lo largo del ciclo del cultivo. Su ventaja comparativa sobre otros cultivos más rentables es que puede sobrevivir a lluvias esporádicas y sequías prolongadas. No obstante, no tolera encharcamientos (El-Sharkawy y Cadavid, 2000).

La información y la experiencia actual sobre los requisitos de agua para la yuca sugieren que los cultivos de yuca requieren agua para la germinación y el desarrollo, con requisitos crecientes entre 4 y 5 meses después de la siembra. También se ha estimado que el riego frecuente puede producir un crecimiento excesivo de la parte aérea y reducir la producción de biomasa radical (Caraballo, Velasquez y Torres, 1997).

c. Altitud

Crece bien desde los 0 m.s.n.m. Hasta 2000 m sobre el nivel del mar. M. sugiere de 800 a 1400 m sobre el nivel del mar en CIAT (2002).

d. Vientos

La yuca presenta poca tolerancia a los vientos, este crea un efecto de desecación del follaje y la pérdida del mismo. (Navarro 1990)

e. Fotoperíodo

La yuca es una planta típica de fotoperíodo corto (10 – 12 horas luz/día), aun así, se adapta tanto a días cortos como largos ya que este cultivo posee la capacidad de realizar fotosíntesis como una planta C3 o como C4. (Mejia de Tafur, 2002)

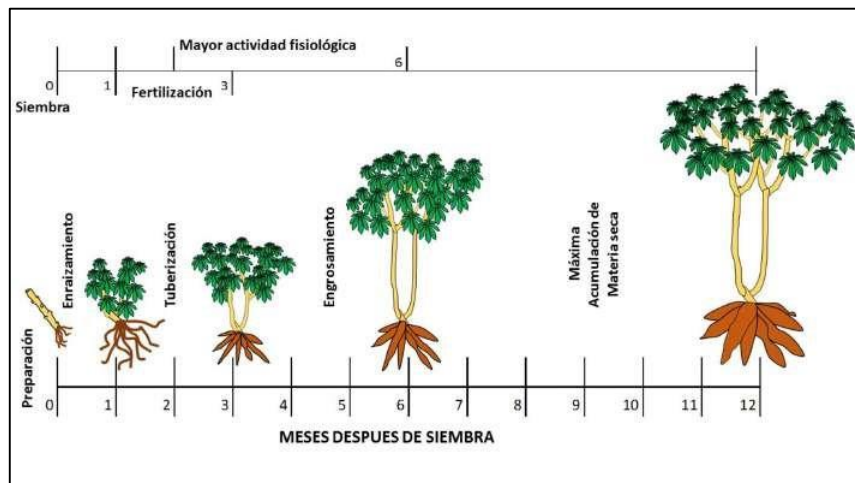
f. Suelos

La planta de yuca se adapta a una gran variabilidad de suelos, desde suelos pobres, nutricionalmente hablando, hasta los de más alta fertilidad. Dentro de las características óptimas que deben presentar los suelos para este cultivo encontramos: suelos profundos, ligeros, porosos y sueltos, ya que el cultivo es poco tolerable al anegamiento, en síntesis, suelos permeables. (Navarro, 1983)

El cultivo se adapta sin problema desde suelos ácidos (pH de 3.5) hasta suelos medianamente alcalinos con pH de 8.5.

E. Fases del desarrollo del cultivo

Figura 1. Fenología de la yuca en plantas cosechadas entre los 12 y los 14 meses.



La yuca presenta varios estados en su desarrollo, Montaldo (1972) presenta las principales fases del desarrollo de la yuca proponiendo 5 fases:

- **Brotación de las estacas:** Las primeras raíces se forman al nivel de los nudos de las estacas (5 a 7 días después de la plantación); poco después se desarrollan los tallos aéreos; a los 10 o 12 días aparecen las hojas; a los 15 días la plántula está constituida y la fase de brotación ha terminado.
- **Formación del sistema radicular:** Esta es la fase de instalación (dos meses y medio). Las primeras raíces formadas desaparecen casi por completo. Otros alcanzan hasta 50 cm. profundo.
- **Desarrollo de los tallos y de las hojas:** El tallo es ramificado y tiene un aspecto típico de planta. Las hojas se desarrollan abundantemente en tallos y ramas (3 meses), alcanzando su tamaño máximo en 10-12 días. Esta etapa dura 60-70 días para variedades tempranas y 85-95 días para variedades tardías.
- **Engrosamiento de las raíces:** En esta etapa comienza la migración de sustancias de reserva, especialmente almidón. Luego se acelera y las ramas se lignifican. Durante este período (5 meses), aparecen hojas nuevas, principalmente al inicio del engrosamiento de la raíz, pero su número disminuye gradualmente en la planta.
- **Reposo:** La planta ha perdido la mayor parte de sus hojas, el almidón continúa migrando a las raíces, pero la actividad vegetativa disminuye (1 mes).

F. Manejo agronómico

a. Material de propagación

Toro y Atlee (1981), en su resumen de prácticas agrícolas para el cultivo de yuca, afirman que el tamaño y la calidad de la semilla son fundamentales para lograr rendimientos óptimos en cualquier sistema

de producción agrícola. Además, afirman que la calidad de la semilla de yuca está determinada por la edad del tallo utilizado como material de propagación, el número de nudos por planta, el grosor y largo de la planta y el porcentaje de variación varietal. Estado de germinación y enraizamiento Duración del almacenamiento y grado de daño mecánico por corte durante la preparación, transporte, almacenamiento y siembra.

Considerando los criterios anteriores para seleccionar el material de propagación óptimo, se mencionan las siguientes propiedades del material de propagación.

- Número de nudos: de 3 a 5 nudos.
- Grosor de estaca: Se deben utilizar estacas ligeramente gruesas de la parte basal, con grosor de 3 a 4 cm. (Toro y Atlee (1981).
- Longitud de la estaca: Se debe considerar longitudes que van desde los 10 a 40 cm.
- Variedades: Hidalgo, Somarribas y Leitón (1997) afirmaron que el rendimiento de la yuca varía mucho con su composición genotípica y con las condiciones ambientales, las prácticas culturales y la persistencia en el campo. Asimismo, se deben considerar en la selección, variedades resistentes a enfermedades con altos niveles productivos.

López, (2002), menciona que los criterios que se toman en cuenta para la selección de una variedad son los siguientes:

- Mejor rendimiento.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Buena germinación.

- De acuerdo con el contenido de glucósido cianogénico, las cantidades pequeñas (yuca dulce) son seguras para el consumo y la yuca con altos niveles de glucósido cianogénico (amarga) solo puede usarse en procesos industriales.
- Duración de almacenamiento: No se recomienda el almacenamiento de material de propagación ya que se pierde la viabilidad debido a la pérdida de agua que afecta directamente la germinación y el vigor de la planta. En caso de ser necesario almacenar la semilla es necesario considerar los siguientes factores López (2002):
 - Las estacas que conforman la semilla deben ser los más maduros
 - Las estacas no deben ser almacenados húmedos, y evitar que se humedezcan.
 - Las estacas semilla, deben ser cubiertos con un material seco a manera de evitar la pérdida de humedad y protegerlos de bajas temperaturas.
 - El lugar de almacenamiento debe ser áreas sombreadas con buena ventilación.
 - Las estacas de estacas largas, se debe realizar en forma vertical.
 - Evitar el daño mecánico de las estacas semilla.

G. Siembra

a. Preparación del terreno

La preparación de terreno para el cultivo de yuca depende al igual que en muchos cultivos, de las características del terreno, tipo de suelo, clima y posibilidad económica.

En una revisión bibliográfica de las prácticas agronómicas para la producción de yuca realizada por Toro y Atlee (1981), éstas van desde las formas más primitivas hasta el uso de maquinaria agrícola para el cultivo de tierras de cultivo. Santos, citado por Toro y Atlee (1981), encontró diferencias significativas en la germinación y el rendimiento al probar diferentes métodos de siembra.

De la yuca, el principal interés es extraer sus raíces tuberosas. Cuanto mejor sea el suelo para su desarrollo, mayor será el rendimiento, sin olvidar la relación coste-efectividad de la explotación.

En Costa Rica las distancias de siembra en terrenos con topografía plana corresponden a 1-1.20 m entre calles y entre plantas de 0.50-0.60 m. Cuando se mecaniza y se siembra en lomillos, la distancia de siembra varía de 1.2-1.5 m entre lomillos y 0.30-0.40 m entre plantas. (Aguilar, 1999)

b. Época de siembra

Se define época de siembra, como el lapso de tiempo en el cual es idóneo sembrar un cultivo para obtener las mayores ventajas de éste, ya sea tanto para su desarrollo, competencia y rendimiento como para su colocación en el mercado. (Enciclopedia Océano 2002).

Dado que la yuca se puede sembrar casi todo el año en este país, los factores de oferta y demanda (precio) son importantes para elegir la temporada de siembra. El CNP, en el Boletín No.18 referenciado en Infoagro (2004), define los meses enero-febrero y mayo-agosto como meses en los que los precios se encuentran por encima del promedio anual. La época de siembra debe elegirse de modo que se pueda aplicar la máxima cantidad de yuca en estos meses.

c. Posición de estaca

Hay tres formas básicas de colocar estacas: horizontal, inclinada y vertical. Cada uno tiene características tanto positivas como negativas. Las condiciones edáficas y el nivel técnico de la plantación determinan el tipo de colocación.

Ospina, Bernardo, Garcia y Alcalde (2002), manifiestan que los métodos de siembra en yuca son:

- Siembra en lomillos y con la estaca en posición vertical.
- Siembra en lomillos y con la estaca en posición Horizontal.
- Siembra en plano y con la estaca en posición vertical.
- Siembra en plano y con la estaca en posición Horizontal.

La elección de estos métodos de siembra depende del tipo de suelo y de las condiciones climáticas del área donde se planea sembrar. B. Se recomienda sembrar solomillo en suelos arcillosos con una precipitación anual de 1200 mm o más. Estos suelos están saturados de agua, lo que favorece la pudrición de las raíces y, por lo tanto, facilita el drenaje. Los ensayos realizados en el CIAT pretenden indicar que la germinación de las estacas en posición vertical en condiciones de campo, germinaron más rápido, que las colocadas de forma horizontal. (Ospina et al, 2002)

La siembra de las estacas se realiza en forma inclinada para facilitar la cosecha. (Aguilar, 1999)

d. Profundidad

La profundidad de siembra es un factor que está altamente relacionado al establecimiento del cultivo y por ende al rendimiento del mismo. Ospina et al, (2002), afirman que la profundidad de siembra debe estar regulada por el clima y el tipo de suelo por lo que para suelos secos y arenosos la estaca debería plantarse a mayor profundidad, mientras

que en suelos húmedos y pesados se debe hacer superficialmente. Sin embargo, tenga en cuenta que la siembra profunda dificultará la cosecha. Los rangos de profundidad óptimos se encuentran entre los 5 a los 20 cm. (Ospina et al, 2002)

e. Densidad

La distancia de siembra en el cultivo de yuca depende de varios factores dentro de los cuales el IICA (1997) cita tales como: el tipo de suelo y su fertilidad, hábito de crecimiento de la variedad, las características ecológicas de la región y la utilización que se le dará al producto (uso industrial o consumo humano).

Para variedades de porte erecto el IICA (1997) recomienda distancias que varían de 1.0 x 1.0 m hasta 1.0 x 0.7 m entre hileras, para una población que oscila entre 10,000 a 15,000 plantas por hectárea, coincidiendo con la recomendación dada por Toro y Atlee (1981) en el libro prácticas agronómicas para el cultivo de yuca. Para variedades ramificadas y con suelos buenos el IICA (1997) recomienda distancias de siembra de 2.0 X 2.0 m hasta 2.0 X 1.5 m entre hileras, para poblaciones de 2,500 a 3,300 plantas por ha.

IICA (1997) hace la excepción de que al aumentar la población aumenta el rendimiento por hectárea, pero disminuye el número de raíces por planta, su tamaño y el índice de cosecha.

f. Control de malezas

Angulo (2001) afirma que las malezas pueden ser un factor de costo importante en la producción de yuca, y al eliminar la competencia durante el período de control crítico (60 a 75 días después de la siembra), se puede mejorar el rendimiento de la yuca, que se dice que aumenta significativamente, por lo que el control manual debe combinarse con el uso de herbicidas durante este período.

g. Control de plagas y enfermedades

CIAT (1981) establece que las plantas de yuca pueden ser atacadas por más de 30 bacterias, hongos, virus o patógenos similares y micoplasmas. La guía también establece que las enfermedades de la yuca pueden provocar malas cosechas que reducen el vigor normal de la planta, reducen la capacidad fotosintética y provocan la pudrición de la raíz antes y después de la cosecha.

h. Poda

Toro y Atlee (1981) afirmaron que los métodos de plantación con estacas, como la posición horizontal, producen de 3 a 5 brotes por semilla que compiten por el espacio durante el desarrollo de la planta.

También señalan que las plantas de un solo tallo producen mucho más que las plantas de varios tallos, y que cuanto menor es el espacio, mayor es la diferencia en la producción.

En la misma compilación, informaron que la poda para dejar solo una raíz del tallo redujo el rendimiento. Por otro lado, el mismo informe establece que la distancia óptima debe ser de un máximo de dos tallos por planta, rindiendo mayores rendimientos que las plantas con más de uno o dos tallos y aprovechando la recolección de hojas.

i. Cosecha

Toro y Atlee (1981) sugirieron que la cosecha es el proceso más laborioso e intensivo en mano de obra, ya que generalmente se realiza de forma manual. La yuca se corta en trozos de 25 cm unos días antes de la cosecha. Una base que se puede quitar fácilmente del suelo. El autor menciona consideraciones específicas con respecto a la cosecha. ubicación de la semilla. La yuca es más fácil de cosechar y más difícil de extraer cuando se planta verticalmente, así que plántela más

horizontalmente, ya sea lomilus o plano. La yuca sembrada en lomilos afirma ser más fácil de cosechar que la yuca sembrada en terreno llano, por lo que se pone poco esfuerzo en la naturaleza de la tierra y el suelo. Cuanto más pesada sea la tierra, mayor será el desgaste durante el trabajo. A pesar de todas estas consideraciones, los autores afirman que la cosecha se facilita con una humedad óptima del suelo.

La cosecha en Costa Rica se realiza generalmente a los 10 meses después de la siembra (Aguilar, 1999). Para la cosecha, la yuca se despoja de las partes aéreas, la yuca se arranca y se recolecta en montones para su posterior remoción o separación de la yuca y los tallos. Si la yuca es para el mercado de la parafina, se debe tener cuidado de separar la yuca de los tallos y dejar suficientes tallos para el arreglo final de la empacadora. Además, se debe tener cuidado de no dañar físicamente la yuca al arrancarla (Aguilar, 1999)

j. Fertilización

- a. La yuca es un cultivo considerado rústico por muchos autores. Esto se debe a su capacidad para crecer en condiciones en las que otras plantas no pueden o no producirían rendimientos muy pequeños. Contrariamente a la creencia popular, la yuca es un cultivo que demanda nutrientes y agota significativamente el suelo, lo que hace que el potasio y el nitrógeno sean particularmente importantes (Navarro, 1983).
- b. Cadavid, (2002), reafirma este concepto con diferentes cuadros, en los cuales muestra la extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas en varios cultivares de yuca y el desgaste del suelo al cultivar yuca por varios años sin fertilizar.

2.2.2. Enraizadores

Son compuestos de origen natural o sintético u hormonas vegetales que modifican procesos fisiológicos de las plantas. Regulan el crecimiento imitando a las hormonas influyendo en la síntesis, destrucción, translocación (posiblemente) modificando los sitios de acción de las hormonas (Yuste, 1997).

La auxina IAA (ácido 3-índol-acético) fue descubierta en 1934. Se trata de una hormona natural presente en mayor o menor grado en las plantas y producida en el meristemo de los brotes, desde donde viaja a otras partes de la planta. Favoreciendo la formación de raíces. Al año siguiente se sintetizaron dos nuevas auxinas que tenían mayor actividad que la hormona natural, el IAA. Estos nuevos compuestos fueron: el IBA (ácido 3-índol-butírico) y el NAA (ácido 1-naftaleno-acético). Los reguladores de crecimiento, tanto si son naturales como sintéticos, pueden dividirse en 5 grupos, según se naturaleza química y el efecto que producen sobre la planta (Yuste, 1997):

A. Giberelinas

Todas las giberelinas son productos naturales del hongo *Gibberella fujikuroi*. Son consideradas derivados del ácido giberélico (GA³) (Yuste, 1997).

Las giberelinas son hormonas vegetales que controlan el crecimiento e inducen a la formación de flores cuando se aplica de manera externa (Goitia, 2003).

Actúan en la división y elongación celular, ayudan en la salida de reposos de semillas y yemas, impiden la inducción floral y parece que, junto con las auxinas, impiden la abscisión de frutos jóvenes (Yuste, 1997).

B. Citoquininas

Las citoquininas son derivados de la purina que estimula la división celular, la dominancia apical, la ramificación y la inducción de yemas, acelerando la germinación de la semilla e impidiendo la abscisión y senescencia de flores y hojas (Yuste, 1997).

La influencia de las citoquininas en la iniciación de las raíces puede depender de la etapa específica de iniciación y de la concentración (Hartmann y Kester, 1999).

C. Etileno

El etileno acelera la maduración de frutos para consumo y el desarrollo del color, promueve la abscisión de las hojas y frutos, estimula la inducción floral y provoca la salida del reposo de yemas y semillas (Yuste, 1997).

La aplicación de alrededor de 10 ppm de etileno al tejido del tallo y la hoja de la planta da como resultado la formación de raíces. Por otra parte, las aplicaciones de auxinas pueden regular la producción de etileno, aparentemente, las relaciones entre auxinas, etileno y la formación de raíces adventicias son muy complejas, implicando más que una simple alteración de la concentración de etileno (Hartmann y Kester, 1999).

D. Ácido Abscísico

El ácido abscísico es un inhibidor de ocurrencia natural en las plantas, dependiendo de la concentración y el estado nutricional de las plantas maternas de las que se tomen las estacas el ácido abscísico puede o no tener incidencia para la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1999).

E. Auxinas

El nombre auxina significa en griego “crecer” y es dado un grupo de compuestos que estimulan la elongación. Son sustancias naturales que se encuentran en toda la planta, pero las más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo regulando muchos aspectos del desarrollo vegetal, afectan al crecimiento del tallo, las hojas, raíces, desarrollo de ramas laterales y frutos. Las auxinas influyen en el crecimiento de estos órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células. Algunas son naturales y otras han sido sintetizadas químicamente (Yuste, 1997).

Los mismos autores señalan que el proceso de formación de rizomas está íntimamente ligado a la división celular, y que, en horticultura, especialmente en viveros, es habitual añadir auxinas a los esquejes para favorecer el enraizamiento. También existen muchos procesos interrelacionados en Por ejemplo, inhibición de la dominancia apical y crecimiento de yemas laterales, inducción del desarrollo del sistema radicular y aéreo, inducción del crecimiento de frutos (biosíntesis y maduración de etileno), formación de flores, frutos (a veces partenocárpicos), estimulación de raíces y semillas. Según Hartmann y Kester (1999), existen los siguientes tipos de auxinas:

- Ácido indol-3-acético (IAA), una hormona vegetal natural. Favorece la formación de raíces adventicias. Al ser sensible a la luz y soluble en agua, tiene la desventaja de disolverse y perderse del sitio de aplicación más rápidamente.
- El ácido indolbutírico (IBA) es la auxina más utilizada. No es fotosensible, no es soluble en agua y se ha demostrado que es eficaz en una amplia gama de especies. La mayoría de las presentaciones comerciales se basan en AIB en varias concentraciones.
- El ácido naftalenoacético (ANA) es una auxina sintética que, cuando se aplica a la base de los esquejes, estimula la formación y el desarrollo de raíces. Es más virulento que los otros dos, se usa en casos muy específicos y comúnmente se mezcla con AIB.

La función de las auxinas en la promoción del enraizamiento es compleja y amplia, su acción principal es sobre la división y el crecimiento celular, la atracción de nutrientes y otras sustancias al sitio de aplicación, así como sus efectos sobre las relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas y otros procesos interrelacionados (Catie, s.f.).

Las auxinas, existen en forma natural en las plantas, son productos elaborados en el metabolismo vegetal. Los principales centros de síntesis de las auxinas son los tejidos apicales meristemáticos de los órganos aéreos tales como los brotes en eclosión, hojas jóvenes, pedúnculos en crecimiento, flores e inflorescencias y sintetiza en los meristemas apicales de raíz (Mendoza, 2010).

Un mecanismo de acidificación es iniciado por la auxina, (liberación de protones). En la membrana citoplasmática, con la disminución del pH se activan enzimas, estos hidrolizan los componentes de la pared celular y se suelta la pared, el potencial (debido a la presión) disminuye, entra agua, el volumen celular aumenta, la célula crece, aún no está claro cómo se inicia la bomba de protones, también hay un efecto de la auxina sobre el metabolismo de ácidos nucleicos y proteínas (Hartmann y Kester, 1999).

La brotación y el enraizamiento son procesos que reflejan la polaridad que existe entre dos zonas. La auxina estimula la formación de raíces y la citoquinina estimula la brotación. Así ambos deben estar en equilibrio para obtener los mejores resultados (Hartmann y Kester, 1999).

Los reguladores del crecimiento se caracterizan por su movimiento en el organismo desde su punto de síntesis hasta su sitio de acción, de manera que la auxina se desplaza por todo el organismo. La auxina se dirige desde el ápice a la base tanto en las raíces como en los troncos, pero no en direcciones opuestas (Villarreal, 1990).

Muchas de las respuestas de crecimiento y correlaciones que realiza la auxina dependen precisamente de esta propiedad de su desplazamiento. A esto se debe que la auxina producida por la yema apical de una rama puede desplazarse y afectar el crecimiento de la misma (Villarreal, 1990).

La auxina es transportada por medio de un mecanismo dependiente de energía, alejándose en forma basipétala desde el punto apical de la planta hacia su base, este flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a

lo largo del tallo, manteniendo de esa forma la dominancia apical (Villarroel, 1990).

2.2.3. Enraizadores naturales

Un enraizante es un producto que se utiliza en los cultivos para favorecer el crecimiento de las raíces. El enraizante estimula la raíz haciendo que crezca más y mejore sus niveles de absorción de nutrientes y agua. Gracias al uso de enraizantes la planta crece más fuerte y protegida de cualquier daño o adversidad natural por la que se pueda ver afectada, además, la floración será más abundante lo que derivará en una producción de frutos mayor.

A. Sauce

Condori (2006) señala que el sauce (*Salix* sp.) es un árbol muy noble. Aprovechamiento de la madera para leña y carbón, sistemas agroforestales, medicina y artesanía. El sauce tiene propiedades únicas que lo hacen satisfactorio como tubérculo, y se puede obtener un extracto triturando las hojas.

Para el extracto de sauce, siguiendo el procedimiento de Condori (2006), se toma de ramitas de sauce y posteriormente se muele en una proporción de 2,5 kg de sauce por 4 litros de agua y se deja en remojo durante 24 horas para mejorar la concentración.

Porras (1993) afirma que las especies de sauces poseen dos sustancias: el ácido indolbutírico, una hormona vegetal que estimula el crecimiento de las raíces, y el ácido salicílico, que ayuda a proteger el esqueje de la infección por hongos.

B. Lentejas

Las lentejas (*Lens culinaris* L.) pertenecen a la familia de las leguminosas y son uno de los cultivos más importantes en las dietas tradicionales alrededor del mundo. Las lentejas tienen una alta concentración auxinas, fitohormona u hormona vegetal, que actúa como reguladora en el proceso de crecimiento de las plantas, principalmente, fomenta la elongación de las células.

Para preparar el enraizador natural, se coloca las lentejas en un recipiente con agua (1 taza de lentejas por cada 4 tazas de agua) durante unos días, germina y listo. Se diluye agregando agua, pero la concentración se puede reducir agregando más agua.

Cuando producimos la germinación de las lentejas en agua, éstas, en el proceso, liberan esta fitohormona y nos dan como resultado un agua con una alta concentración de auxina. Al remojar nuestros esquejes con este preparado, estimulamos de manera natural y considerable, el crecimiento de las raíces.

Las lentejas son un alimento con alto contenido de hierro, manganeso, potasio, cobre, fósforo y zinc. También aportan selenio y calcio al organismo, y además son ricas en vitaminas A, B1, B2, B3, B5, B6, B12, C, K y E. Aportan también ácido fólico (Cordova, 2019).

C. Canela

Torres (2014) manifiesta que la canela es un buen remedio sustitutivo de las hormonas de enraizamiento. Fácil de usar, espolvorea las raíces a las plántulas y esquejes con canela, la canela mantendrá alejadas a las plagas y las plantas se enraizarán fácilmente. La canela es excelente para las hormonas de enraizamiento naturales caseras. Se utilizó 300 g de canela para la preparación de los enraizadores.

Su fragancia se debe a los aceites esenciales aromáticos que componen el 0,5-2,5% de su composición. El componente principal es el cinamaldehído, que también contiene eugenol y alcohol cinámico. Contiene ácido transcinámico, hidroxicinamaldehído, o-metoxicinamaldehído, acetato de cinamomo, terpenos (linalol, diterpenos), curtientes, mucílagos, proantocianidinas oligoméricas y poliméricas, hidratos de carbono y trazas de cumarina. Según RFE, la droga seca debe contener al menos 12 ml/kg de aceite esencial (Torres, 2014).

D. Café

El café, también puede ayudar a que los esquejes logren la emisión de raíces, para lograr esto, hay que proceder de la manera siguiente:

- Llevar a ebullición unos 250 gramos de café (granos de café o café molido)
- A continuación, se debe colar para retirar los restos.
- Finalmente, se asperja toda la base del esqueje-semilla con el líquido resultante.

Cuando los granos de café son puestos a ebullición, se extrae la mayor concentración de auxinas, de esta manera al ponerlas en remojo los esquejes con este líquido, se estará promoviendo manera natural la formación y desarrollo de las raíces (Cordova, 2019).

E. Soja o trigo

Si se elige semillas de soja (*Glycine max*), 2 K bastará con hacerlas remorar en 4 L agua durante un tiempo de unas cuatro o cinco horas. Seguidamente se filtra el agua y se reserva, a la vez que las semillas se tapan con un paño húmedo para que prosiga su proceso de germinación. Al día siguiente se le añade el agua antes retirada se dejan sumergidas una hora y se repite el proceso. Tras varias repeticiones, hasta que veamos las semillas germinadas y con las raíces de un centímetro aproximadamente de longitud, procederemos a triturar el conjunto hasta obtener una pasta que filtraremos y obtendremos el líquido rico en hormonas que nos favorecerán el enraizado de nuestros esquejes.

Durante el proceso de germinación de la soja, las auxinas son liberadas, tal como lo señala Hurtado y Merino (1991), las auxinas se sintetizan en el ápice de crecimiento (ápice apical) y tejidos jóvenes (hojas y yemas); dando como resultado el líquido de remojo con alto contenido de auxinas. (Cordova, 2019).

2.3. Definición de términos básicos

- **Yuca:** Es un tubérculo cultivado principalmente en América, Asia y países tropicales de América, y pertenece a la familia de las denominadas Euphorbiaceae. Una de las variedades más utilizadas se llama mandioca (*Manihot utilissima*) y se deriva de la tapioca (*Manihot esculenta*). La yuca fue uno de los primeros cultivos domesticados en las Américas, y la primera evidencia de cultivo de yuca se remonta a 4000 años atrás en Perú.
- **Reproducción asexual:** llamada también reproducción vegetativa, es una forma de reproducción en organismos desarrollados en la que un individuo completo genéticamente idéntico al individuo inicial se desarrolla a partir de una célula o grupo de células a través del proceso mitótico.
- **Enraizador:** Son aquellos suplementos que se le añaden a las plantas con la finalidad de que estén más fuertes, de que echen raíces. Si bien no son indispensables, pueden llegar a ser muy útiles en determinadas circunstancias.
- **Estaca:** Es un segmento de tallo con brotes de consistencia leñosa que se corta de un árbol o arbusto, se echa raíz y se coloca en el suelo o sustrato para formar una nueva planta.
- **Sustrato:** Un objeto sólido diferente del suelo. Los contenedores son anclas, soportes o parte de un hábitat para una planta en particular. Este importante elemento de los cultivos proporciona los nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo, reproducción y producción de las plantas. Los sustratos pueden ser orgánicos (naturales o de origen vegetal) o inorgánicos (de minerales como piedra o arena). Tenga en cuenta que el desarrollo de las plantas requiere tres elementos clave: agua, oxígeno y nutrientes.

- **Vivero:** Serie de instalaciones agrícolas que producen todo tipo de cultivos hasta que sean aptos para la distribución, venta y consumo personal. Las características de los viveros incluyen la disponibilidad de riego, la luz (esencial para la fotosíntesis), el sustrato utilizado (mezcla de tierra, fertilizante y otros componentes), la temperatura y la humedad.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los cinco enraizadores naturales muestran efectos similares en la propagación asexual de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.).

2.4.2. Hipótesis específicas

- Los cinco enraizadores naturales muestran efectos diferentes en la propagación asexual de yuca.
- Los cinco enraizadores naturales muestran su efecto en el crecimiento y desarrollo radicular en la propagación asexual de yuca.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

- Enraizadores naturales

2.5.2. Variable dependiente

- Propagación asexual de yuca

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

| Variable | Indicador | Dimensión |
|--|------------------------|-----------|
| Independiente: Enraizadores naturales | Enraizador de Lentejas | ml |
| | Enraizador de Soja | |
| | Enraizador de Canela | |
| | Enraizador de Café | |
| | Enraizador de Sauce | |
| Dependiente: Propagación asexual de yuca | Número de raíces | Unid. |
| | Longitud de raíz | cm |
| | Grosor de raíz | cm |
| | Número de ramas | Unid. |

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es el de tipo básica o pura.

3.2. Nivel de investigación

El tipo de investigación es el de tipo básica o pura.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación que se utilizó es el método experimental.

3.4. Diseño de investigación

El Diseño experimental que se empleó en el desarrollo del proyecto de investigación fue el Diseño Completo al Azar (DCA) con 5 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento.

3.3.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es una observación cualquiera

μ = Media poblacional

t_i = Efecto aleatorio del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental.

3.3.2. Análisis de variancia

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F_{cal} | F crit | p-value | Sig |
|---------------------|------|-------------|------|-----------|--------|---------|-----|
| Tratamientos | | | | | | | |
| Error | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| S = | | \bar{x} = | | C.V.= | | % | |

Para realizar la clasificación de los promedios de los tratamientos, se aplicó la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$)

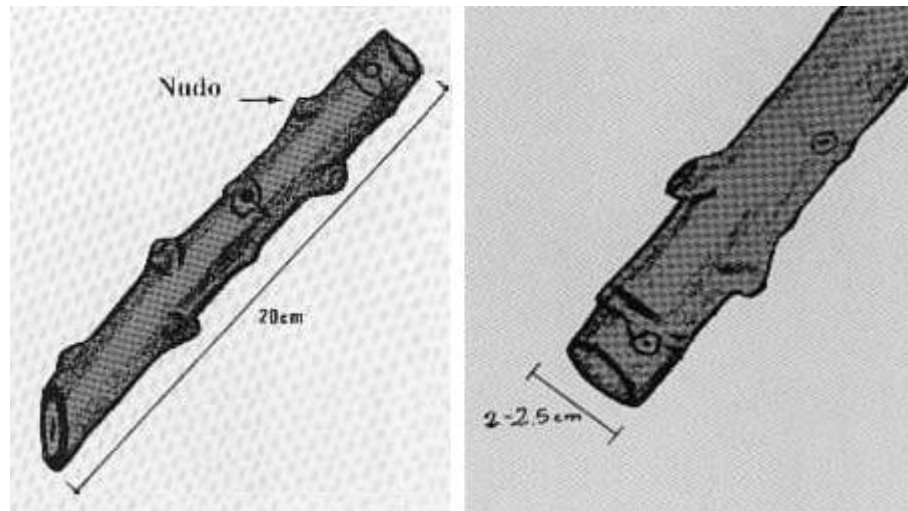
3.3.3. Croquis de campo

| | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I | T1 | T3 | T4 | T2 | T5 |
| II | T4 | T2 | T5 | T1 | T3 |
| III | T5 | T4 | T1 | T3 | T2 |

3.3.4. Tratamientos experimentales

- T1: Enraizador de Lentejas
- T2: Enraizador de Soja
- T3: Enraizador de Canela
- T4: Enraizador de Café
- T5: Enraizador de Sauce

3.3.5. Características de la estaca



3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo constituida por 150 esquejes de yuca de 20 cm. de largo.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 3 plantas por unidad experimental; haciendo un total de 45 plantas de yuca.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La principal técnica que se utilizó en el desarrollo de la investigación fue la observación y el principal instrumento de recolección de datos que se utilizó fueron las fichas de colección de datos.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se ha realizado un análisis del trabajo de investigación para poder validar el instrumento de colección de datos y dentro de este, seleccionar las variables que nos permitieron obtener los datos que dieron respuesta al efecto de los tratamientos en el trabajo de investigación. Es así que el "Efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca (*Manihot esculenta*

Crantz.)” se realizó de forma visual por una sola persona en todas las evaluaciones para evitar variaciones en la lectura de los datos.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante la ejecución del trabajo de investigación, se realizaron mediante el análisis de varianza de los datos. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico SPSS Ver. 26.

3.9. Tratamientos estadísticos

El procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante la ejecución del trabajo de investigación, se realizó mediante el análisis de varianza; y para la clasificación de los tratamientos se realizó utilizando la prueba de significación de Duncan al 5%.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Por su naturaleza, el proyecto no pretende dañar a la gente, al medio ambiente o a la propiedad; asimismo, se basa en su originalidad, producto del análisis de una realidad problemática que afecta a los agricultores de bajos recursos económicos, quienes depositan sus esperanzas en la producción de sus cultivos.

Asimismo, la ejecución del trabajo de investigación servirá como referente para otros trabajos de investigación y contribuirá al conocimiento en la propagación asexual de yuca, logrando así mejor bienestar económico al productor de yucas en Selva Central, los involucrados en el trabajo de investigación, damos fe que el trabajo de tesis, será desarrollado siguiendo los valores éticos del investigador y que lo que se obtenga en el presente documento estará representado en sus resultados fiel a las evaluaciones realizadas en campo.

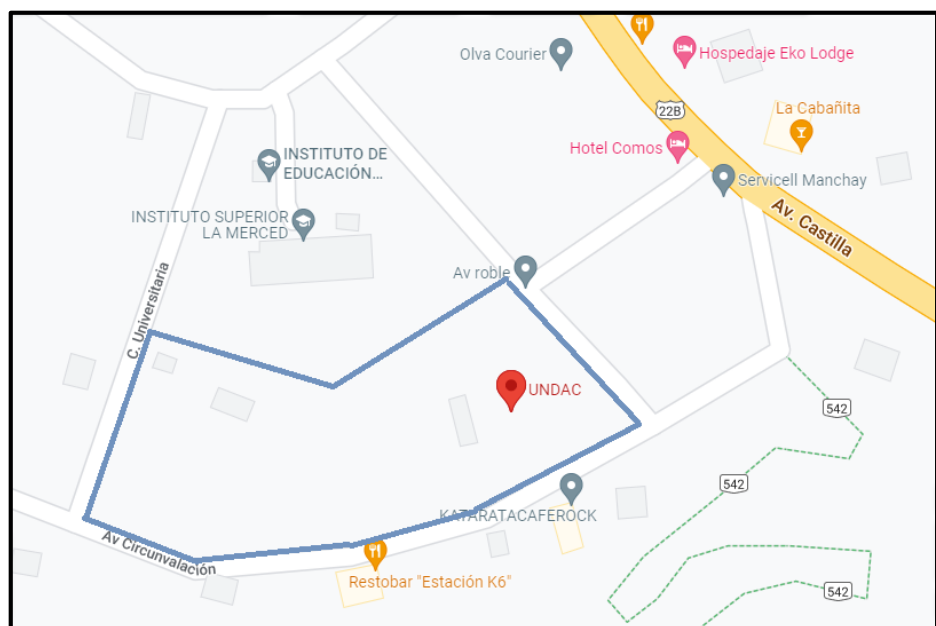
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Campo Experimental de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía – La Merced, Distrito y Provincia de Chanchamayo.



A. Ubicación política

- Región : Junín
- Provincia : Chanchamayo
- Distrito : Chanchamayo
- Lugar : Pampa del Carmen

B. Ubicación geográfica

- Latitud sur : 11° 04´ 272”
- Longitud oeste : 75° 20´ 402”
- Altitud : de 813 m.s.n.m.

4.1.2 Materiales y equipos

A. Materiales de campo

- Tablero
- Fichas de datos
- Tijera de podar
- Cuchillo
- Chafle o machete
- Cinta métrica
- Baldes
- Cordel
- Bolsas
- Jarras medidoras

B. Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Lápiz
- Reglas
- Plumones
- Lapiceros

- Papel bond 75 gr.
- Resaltador
- CD's
- USB
- Plumón indeleble
- Vasos de vidrio
- Placas Petri
- Matraces

C. Equipos

- Computadora
- Vernier
- Cámara digital
- Balanza
- Mochila asperjadora
- Microscopio
- Estereoscopio

D. Insumos

- Lentejas
- Soja
- Canela
- Café
- Sauce
- Tierra agrícola
- Arena
- Materia orgánica
- Bolsas

4.1.3 Descripción de los tratamientos

| No. | Tratamiento | Descripción de la conformación de los tratamientos |
|-----|-------------|--|
| 1 | T1 | Enraizador de Lentejas |
| 2 | T2 | Enraizador de Soja |
| 3 | T3 | Enraizador de Canela |
| 4 | T4 | Enraizador de Café |
| 5 | T5 | Enraizador de Sauce |

4.1.4 Evaluación de las variables

- Número de raíces (Unid.). - Se evaluó el número de raíces que han brotado, a los 15, 30, 60 y 90 días después de la plantación.
- Longitud de raíz (cm). - Se evaluó la longitud de las raíces a los 15, 30, 60 y 90 días después de la plantación.
- Grosor de raíz (cm). - Se evaluó el grosor de las raíces brotadas a los 15, 30, 60 y 90 días después de la plantación.
- Número de ramas (Unid.). - Se evaluó el número de ramas de las estacas a los 15, 30, 60 y 90 días después de la plantación.

4.1.5 Procedimiento y conducción del experimento

Para la ejecución del trabajo de investigación se realizaron las siguientes actividades:

A. Acondicionamiento del terreno para el trabajo de investigación

El terreno designado para la instalación del trabajo de investigación fue encontrado enmalezado y con presencia de ramas y pequeños troncos de

madera, por lo que se tuvo que realizar primeramente una limpieza de toda el área, para luego proceder al deshierbo.

B. Construcción del tinglado

Una vez limpio el área designada, se comenzó con la construcción del tinglado, para esta actividad se utilizó bambú, alambre dulce para construcción y malla raschel para cubrir el tinglado.

C. Delimitación de las áreas de trabajo dentro del tinglado

Luego de haber construido el tinglado, se procedió a delimitar las áreas de trabajo, como área de preparación y embolsado del sustrato, área de preparación de las estacas y el área principal donde se ubicaron los tratamientos, asimismo se instaló un sistema de riego a base de manguera y la toma de agua.

D. Selección y preparación de las estacas

El proceso comienza con la selección de plantas madre maduras con edad de 8 a 18 meses sin la presencia de plagas y enfermedades, se cortan los tallos y se eliminan las hojas y se almacena los tallos en un ambiente fresco y de sombra. Se tomó en cuenta que la yuca tiene un tallo principal del cual se originan tallos secundarios de dos, tres y hasta cuatro segmentos. Se tomó en consideración que la brotación de las yemas en las estacas del tallo primario es mayor que aquellas obtenidas de tallos secundarios o terciarios, es por lo cual solo se obtuvieron estacas del tallo principal. A los tallos seleccionadas se efectuaron un corte en bisel en la base, a partir del cual se obtuvieron las estacas de 20 cm de longitud y de 2 a 2.5 cm de diámetro; se eliminaron las hojas y se dejaron dos o tres yemas como mínimo.

E. Preparación de los enraizadores

- **Enraizador de lentejas:** En un bol echamos 2 k de lentejas y 4 tazas de agua y lo dejamos tapado en remojo durante 3 días. Una vez pasados estos días las lentejas lograron germinar. Conjuntamente con

el agua se licúa las lentejas, para pasar a ser colado y recuperar todo el líquido posible. Se vierte el líquido resultante en una botella.

- **Enraizador de Canela:** En un bol se coloca 300 g de ramas de canela y 4 tazas de agua, se pone a hervir a fuego medio y lo dejamos reposar por 10 minutos, se pasa por colador; el líquido se guarda en una botella.
- **Enraizador de sauce:** Colocar 2 k de hojas de sauce en un recipiente con 1L. de agua durante aproximadamente 2 semanas, pasado este tiempo, retirar las hojas de sauce del recipiente con agua. Colar el agua que salió y ponerlo en refrigeración 1 día. Tomar las hojas que se tenía en remojo, agregar más agua y ponemos a hervir durante 10 minutos a fuego medio. Después de este tiempo, retiramos del fuego y dejamos que enfríe, colamos el agua para retirar las hojas y quedarnos solo con el agua. Una vez colado y a temperatura ambiente, unimos el agua que fue hervida con la que ya hemos guardado en refrigeración. Ya unidas las dos aguas, está listo para ser usada.
- **Enraizador de café:** Se hace llevando a ebullición los granos de café, aproximadamente se utiliza un puñado de café por medio litro de agua para que no quede muy concentrado, se cuela para retirar los restos y se deja enfriar, y está listo para ser usado.
- **Enraizador de soja:** En un recipiente se coloca 2 k de soja y 4 tazas de agua y lo dejamos en remojo durante 3 días. Una vez pasados estos días las sojas lograron germinar. Conjuntamente con el agua se licúa las sojas, se pasa por colador se recupera todo el líquido posible. Se vierte el líquido resultante en una botella.

F. Aplicación de los tratamientos

Las estacas de yuca preparadas se pusieron en remojo durante 24 horas, para ello se prepararon contenedores con cada enraizador natural donde se colocaron las estacas a una profundidad de 10 cm.

G. Preparación y embolsado del sustrato

Debido a que la yuca requiere que los suelos sean sueltos, profundos y bien drenados para permitir un adecuado desarrollo de las raíces tuberosas, se preparó un sustrato artesanal con: 3 partes de tierra agrícola, 1 parte de arena de río lavada y 2 partes de compost comercial (Mallqui). Se mezclaron bien y se llenaron en bolsas de polietileno de 15 x 25 cm de calibre 1.5 sin fuelle. En esta bolsa se llena aproximadamente entre 1.5 a 2.0 kilogramos del sustrato preparado, dependiendo si el sustrato este húmedo o en capacidad de campo.

H. Preparación de las unidades experimentales

Se prepararon y agruparon las bolsas en las unidades experimentales correspondientes para luego ser distribuidas según el croquis de campo propuesto, las estacas fueron enterradas en las bolsas llenas de sustrato de acuerdo a los tratamientos a una profundidad de 10 cm. Culminado con el proceso de siembra de las estacas en las bolsas, se procedió a regar todo el trabajo de manera homogénea y cuando lo requiera.

I. Manejo agronómico

Durante el desarrollo del trabajo de investigación, se realizaron actividades como: deshierbo en las bolsas y del área experimental, aplicación de riego de forma constante a las bolsas, control de plagas y enfermedades; dentro del control de plagas, se tuvo bastante atención a la presencia de las hormigas koki, debido a que se comportan como cortadores de hojas.

J. Evaluación

La evaluación de las variables en estudio se registró en una ficha de datos, luego se ordenaron dejándolos listos para su procesamiento.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Número de raíces

A. Primera evaluación

Tabla 01

Análisis de varianza para número de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 7.05 | 1.763 | 5.553 | 3.478 | 0.013 | * |
| Error | 10 | 3.17 | 0.317 | | | | |
| Total | 14 | 10.23 | | | | | |
| | | S = 0.56 | $\bar{x} = 3.53$ | C.V.= 15.97 % | | | |

En la tabla 01, análisis de varianza para número de raíces en la primera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad de 15.97% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente Bueno, asimismo, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados; asimismo, nos indica que el número de raíces en la primera evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 3.53 (13.13 raíces).

La diferencia estadística significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable número de raíces en la primera evaluación.

Tabla 02

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|---|
| 1 | T2 | 4.33 | a | |
| 2 | T1 | 3.82 | a | |
| 3 | T3 | 3.81 | a | |
| 4 | T4 | 3.39 | a | b |
| 5 | T5 | 2.29 | b | |

En la tabla 02, prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces en la primera evaluación, se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T1 (Enraizador de Lentejas) y T3 (Enraizador de Canela) que ocupan el primer puesto con un promedio en número de raíces en la primera evaluación de 4.33, 3.82 y 3,81 respectivamente; la categoría “ab” conformada por el tratamiento T4 (Enraizador de Café) el que ocupa el segundo puesto con un promedio en el número de raíces en la primera evaluación de 3.39; y la categoría “b” conformada por el tratamientos T5 (Enraizador de Sauce) que ocupa el último puesto con un promedio en el número de raíces en la primera evaluación de 2.29. La prueba de significación de Duncan agrupa a los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T1 (Enraizador de Lentejas) y T3 (Enraizador de Canela) dentro de una misma categoría en esta primera evaluación, debido a que todos ellos promueven que las raíces adventicias se originen principalmente por efecto de las hormonas que contienen estos enraizadores esencialmente de las auxinas.

B. Segunda evaluación

Tabla 03

Análisis de varianza para número de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------------|------|
| Tratamientos | 4 | 6.55 | 1.637 | 1.652 | 3.478 | 0.236 | n.s. |
| Error | 10 | 9.90 | 0.990 | | | | |
| Total | 14 | 16.45 | | | | | |
| | | S = 1.00 | $\bar{x} = 4.21$ | | | C.V.= 23.65 % | |

En la tabla 03, análisis de varianza para número de raíces en la segunda evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 23.65% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente regular, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados; asimismo nos indica que el número de raíces en la segunda evaluación, dentro de cada tratamiento tiene tendencia a ser heterogéneo, con un promedio de 4.21 (18.80 raíces).

La diferencia estadística no significativa nos indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen el mismo efecto sobre la variable número de raíces en la segunda evaluación.

Tabla 04

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|---|
| 1 | T4 | 5.00 | a | |
| 2 | T1 | 4.70 | a | b |
| 3 | T2 | 4.40 | a | b |
| 4 | T3 | 3.78 | a | b |
| 5 | T5 | 3.16 | | b |

En la tabla 04, prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces en la segunda evaluación, se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T4 (Enraizador de Café) el que ocupa el primer puesto con un promedio en el número de raíces en la segunda evaluación de 5.00, la categoría “ab” conformada por los tratamientos T1 (Enraizador de Lentejas), T2 (Enraizador de Soja) y T3 (Enraizador de Canela) que ocupan el segundo puesto con un promedio en el número de raíces en la segunda evaluación de 4.70, 4.40 y 3.78 respectivamente; la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) que ocupa el último puesto con un promedio en el número de raíces en la segunda evaluación de 3.16. Para esta segunda evaluación, la prueba de significación de Duncan muestra que el tratamiento T4 (Enraizador de Café) contiene auxinas naturales que tienen mejor efecto en la formación de mayor número de raíces con respecto de los otros tratamientos.

C. Tercera evaluación

Tabla 05

Análisis de varianza para número de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|------|
| Tratamientos | 4 | 6.59 | 1.649 | 2.182 | 3.478 | 0.145 | n.s. |
| Error | 10 | 7.56 | 0.756 | | | | |
| Total | 14 | 14.15 | | | | | |
| | | S = 0.87 | $\bar{x} = 4.84$ | C.V.= 17.95 % | | | |

En la tabla 05, análisis de varianza para número de raíces en la tercera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 17.95 % es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente Bueno, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados; asimismo, nos indica que el número de raíces en la tercera evaluación, dentro de cada tratamiento tiene tendencia a ser heterogéneo, con un promedio de 4.84 (24.40 raíces).

La diferencia estadística no significativa nos indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen el mismo efecto sobre la variable número de raíces en la tercera evaluación.

Tabla 06

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|---|
| 1 | T1 | 5.68 | a | |
| 2 | T3 | 5.11 | a | b |
| 3 | T4 | 4.89 | a | b |
| 4 | T2 | 4.89 | a | b |
| 5 | T5 | 3.65 | | b |

En la tabla 06, prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces en la tercera evaluación, se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T1 (Enraizador de Lentejas) el que ocupa el primer puesto con un promedio en el número de raíces en la tercera evaluación de 5.68, la categoría “ab” conformada por los tratamientos T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café) y T2 (Enraizador de Soja) que ocupan el segundo puesto con un promedio en el número de raíces en la tercera evaluación de 5.11, 4.89 y 4.89 respectivamente; la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) que ocupa el último puesto con un promedio en el número de raíces en la tercera evaluación de 3.65.

Para esta tercera evaluación, la prueba de significación de Duncan muestra que el tratamiento T1 (Enraizador de Lentejas) contiene auxinas naturales que tienen mejor efecto en la formación de mayor número de raíces con respecto de los otros tratamientos.

Como se muestra la aplicación del enraizante de lentejas incrementó el número de raíces de 3.65 hasta 5.68 raíces en promedio.

D. Cuarta evaluación

Tabla 07

Análisis de varianza para número de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 17.55 | 4.387 | 9.678 | 3.478 | 0.002 | ** |
| Error | 10 | 4.53 | 0.453 | | | | |
| Total | 14 | 22.08 | | | | | |
| | | S = 0.67 | $\bar{x} = 5.62$ | C.V.= 11.98 % | | | |

En la tabla 07, análisis de varianza para número de raíces en la cuarta evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 11.98% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente muy bueno, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados; asimismo, nos indica que el número de raíces en la tercera evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 5.62 (33.07 raíces).

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable número de raíces en la cuarta evaluación.

Tabla 8

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|---|
| 1 | T2 | 7.03 | a | |
| 2 | T3 | 6.37 | a | b |
| 3 | T4 | 5.57 | | b |
| 4 | T1 | 5.32 | | b |
| 5 | T5 | 3.83 | | c |

En la tabla 8, prueba de significación de Duncan al 5% para número de raíces en la cuarta evaluación, se observa la presencia de 4 categorías, la categoría "a" conformada por el tratamiento T2 (Enraizador de Soja) el que ocupa el primer puesto con un promedio en el número de raíces en la cuarta evaluación de 7.03, la categoría "ab" conformada por el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) que ocupa el segundo puesto con un promedio en el número de raíces en la cuarta evaluación de 6.37; la categoría "b" conformada por los tratamientos T4 (Enraizador de Café) y T1 (Enraizador de Lentejas) los que ocupan el penúltimo puesto con un promedio en el número de raíces en la cuarta evaluación de 5.57 y 5.32 respectivamente; y la categoría "c" conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último puesto con un promedio en el número de raíces en la cuarta evaluación de 3.83.

Para la cuarta evaluación, la prueba de significación de Duncan muestra que el tratamiento T2 (Enraizador de Soja) contiene auxinas naturales que tienen mejor efecto en la formación de mayor número de raíces con respecto de los otros tratamientos.

Como se muestra en los resultados, la aplicación de los enraizadores naturales incrementó el número de raíces de 3.83 hasta 7.03 raíces observándose que el enraizador de soja correspondiente al tratamiento T2 logra

un mejor efecto para la variable número de raíces con respecto de los demás tratamientos.

4.2.2 Longitud de raíces

A. Primera evaluación

Tabla 9

Análisis de varianza para longitud de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|---------------------|------|-----------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 289.12 | 72.281 | 4.770 | 3.478 | 0.021 | * |
| Error | 10 | 151.54 | 15.154 | | | | |
| Total | 14 | 440.66 | | | | | |
| | | S = 3.89 | $\bar{x} = 13.68$ | C.V.= 28.46 % | | | |

En la tabla 9, análisis de varianza para longitud de raíces en la primera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad de 28.46% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente malo, lo que nos indica que la longitud de raíces en la primera evaluación, dentro de cada tratamiento tiene tendencia a ser heterogéneo, con un promedio de 13.68 cm.

La diferencia estadística significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable longitud de raíces en la primera evaluación.

Tabla 10

Prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | | |
|------|-------|-------|---------------|---|---|
| 1 | T3 | 17.93 | a | | |
| 2 | T1 | 17.33 | a | | |
| 3 | T2 | 16.40 | a | b | |
| 4 | T4 | 9.10 | | b | c |
| 5 | T5 | 7.63 | | | c |

En la tabla 10, prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces en la primera evaluación, se observa la presencia de 4 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T3 (Enraizador de Canela) y T1 (Enraizador de Lentejas) los que ocupan el primer puesto con un promedio en la longitud de raíces en la primera evaluación de 17.93 y 17.33 cm respectivamente; la categoría “ab” conformada por el tratamiento T2 (Enraizador de Soja) el que ocupa el segundo puesto con un promedio en la longitud de raíces en la primera evaluación de 16.40 cm; la categoría “bc” conformada por el tratamiento T4 (Enraizador de Café) el que ocupa el penúltimo puesto con un promedio en la longitud de raíces en la primera evaluación de 9.10 cm. y la categoría “c” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último puesto con un promedio en la longitud de raíces en la primera evaluación de 7.63 cm. Con respecto a la longitud de raíces en la primera evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) y en tratamiento T1 (Enraizador de Lentejas) contienen auxinas naturales que tienen mejor efecto en la mayor longitud de las raíces con respecto de los otros tratamientos.

B. Segunda evaluación

Tabla 11

Análisis de varianza para longitud de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|-------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 1370.86 | 342.714 | 10.750 | 3.478 | 0.001 | ** |
| Error | 10 | 318.79 | 31.879 | | | | |
| Total | 14 | 1689.65 | | | | | |
| | | S = 5.65 | $\bar{x} = 34.13$ | C.V.= 16.54 % | | | |

En la tabla 11, análisis de varianza para longitud de raíces en la segunda evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 16.546% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente bueno, lo que nos indica que la longitud de raíces en la segunda evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 34.13 cm.

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable longitud de raíces en la segunda evaluación.

Tabla 12

Prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T3 | 42.07 | a |
| 2 | T4 | 40.27 | a |
| 3 | T2 | 38.20 | a |
| 4 | T1 | 34.40 | a |
| 5 | T5 | 15.70 | b |

En la tabla 12, prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces en la segunda evaluación, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café), T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) los que ocupan el primer puesto con un promedio en la longitud de raíces en la segunda evaluación de 42.07, 40.27, 38.20 y 34.40 cm respectivamente; y la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último puesto con un promedio en la longitud de raíces en la segunda evaluación de 15.70 cm.

En la segunda evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que los tratamientos T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café), T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) contiene auxinas naturales que tienen mejor efecto en la variable longitud de las raíces con respecto del tratamiento T5 (Enraizador de Sauce), las auxinas naturales hacen que las paredes celulares aumenten su flexibilidad, de esta manera la presión de turgencia de la célula se pierde y el agua ingresa al interior de la célula y de esta manera la célula se expande.

C. Tercera evaluación

Tabla 13

Análisis de varianza para longitud de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|---------------------|------|-----------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 1743.17 | 435.792 | 11.653 | 3.478 | 0.001 | ** |
| Error | 10 | 373.97 | 37.397 | | | | |
| Total | 14 | 2117.14 | | | | | |
| | | S = 6.12 | \bar{x} = 37.56 | | C.V.= 16.28 % | | |

En la tabla 13, análisis de varianza para longitud de raíces en la tercera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 16.28% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente bueno, asimismo, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados, lo que nos indica que la longitud de raíces en la tercera evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 37.56 cm.

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable longitud de raíces en la tercera evaluación.

Tabla 14

Prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T2 | 47.60 | a |
| 2 | T1 | 42.43 | a |
| 3 | T3 | 41.07 | a |
| 4 | T4 | 40.07 | a |
| 5 | T5 | 16.63 | b |

En la tabla 14, prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces en la tercera evaluación, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T1 (Enraizador de Lentejas), T3 (Enraizador de Canela) y T4 (Enraizador de Café) los que ocupan el primer puesto con un promedio en la longitud de raíces en la tercera evaluación de 47.60, 42.43, 41.07 y 40.07 cm respectivamente; y la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que

ocupa el último puesto con un promedio en la longitud de raíces en la tercera evaluación de 16.63 cm.

Para la tercera evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T1 (Enraizador de Lentejas), T3 (Enraizador de Canela) y T4 (Enraizador de Café), mantienen su efecto de manera similar estadísticamente que, para la evaluación anterior, asimismo se sigue observando que las auxinas naturales de estos tratamientos tienen mejor efecto en la variable longitud de las raíces con respecto del tratamiento T5 (Enraizador de Sauce),

D. Cuarta evaluación

Tabla 15

Análisis de varianza para longitud de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|-------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 1114.83 | 278.707 | 7.817 | 3.478 | 0.004 | ** |
| Error | 10 | 356.55 | 35.655 | | | | |
| Total | 14 | 1471.38 | | | | | |
| | | S = 5.97 | \bar{x} = 43.64 | C.V.= 13.68 % | | | |

En la tabla 15, análisis de varianza para longitud de raíces en la cuarta evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 13.68% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente muy bueno, lo que nos indica que la longitud de raíces en la cuarta evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 43.64 cm.

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos

(Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable longitud de raíces en la cuarta evaluación.

Tabla 16

Prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T2 | 50.77 | a |
| 2 | T3 | 50.30 | a |
| 3 | T1 | 48.20 | a |
| 4 | T4 | 41.10 | a |
| 5 | T5 | 27.85 | b |

En la tabla 16, prueba de significación de Duncan al 5% para longitud de raíces en la cuarta evaluación, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T3 (Enraizador de Canela), T1 (Enraizador de Lentejas) y T4 (Enraizador de Café) los que ocupan el primer puesto con un promedio en la longitud de raíces en la cuarta evaluación de 50.77, 50.30, 48.20 y 41.10 cm respectivamente; y la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último puesto con un promedio en la longitud de raíces en la cuarta evaluación de 27.85 cm.

Para la cuarta evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T3 (Enraizador de Canela), T1 (Enraizador de Lentejas) y T4 (Enraizador de Café), continúan manteniendo su efecto de manera homogénea estadísticamente en comparación con la evaluación anterior, asimismo se sigue observando que las auxinas naturales de estos tratamientos tienen mejor efecto en la variable longitud de las raíces en la cuarta evaluación con respecto del tratamiento T5 (Enraizador de Sauce).

4.2.3 Grosor de raíces

A. Primera evaluación

Tabla 17

Análisis de varianza para grosor de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|------|
| Tratamientos | 4 | 0.09 | 0.022 | 2.513 | 3.478 | 0.108 | n.s. |
| Error | 10 | 0.09 | 0.009 | | | | |
| Total | 14 | 0.18 | | | | | |
| | | S = 0.09 | $\bar{x} = 0.16$ | C.V.= 58.00 % | | | |

En la tabla 17, análisis de varianza para grosor de raíces en la primera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 58.00% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente muy malo, lo que nos indica que el grosor de raíces en la primera evaluación, dentro de cada tratamiento es muy heterogéneo, con un promedio de 0.16 cm.

La diferencia estadística no significativa nos indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen el mismo efecto sobre el grosor de raíces en la primera evaluación.

Tabla 18

Prueba de significación de Duncan al 5% para grosor de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|---|
| 1 | T1 | 0.26 | a | |
| 2 | T3 | 0.23 | a | |
| 3 | T4 | 0.15 | a | b |
| 4 | T2 | 0.14 | a | b |
| 5 | T5 | 0.03 | b | |

En la tabla 18, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable grosor de raíces en la primera evaluación, se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T1 (Enraizador de Lentejas) y T3 (Enraizador de Canela) los que ocupan el primer puesto con un promedio en el grosor de raíces en la primera evaluación de 0.26 y 0.23 cm respectivamente; la categoría “ab” conformada por los tratamientos T4 (Enraizador de Café) y T2 (Enraizador de Soja) los que ocupan el segundo puesto con un promedio en el grosor de raíces en la primera evaluación de 0.15 y 0.14 cm. respectivamente; la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último puesto con un promedio en el grosor de raíces en la primera evaluación de 0.03 cm.

Para la variable grosor de raíces en la primera evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que los tratamientos T1 (Enraizador de Lentejas) y T3 (Enraizador de Canela) tienen efectos homogénea estadísticamente, asimismo se observa que las auxinas naturales de estos tratamientos tienen mejor efecto en la variable grosor de raíces en la primera evaluación con respecto del tratamiento T5 (Enraizador de Sauce),

B. Segunda evaluación

Tabla 19

Análisis de varianza para grosor de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|---------------------|------|-----------------|------------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| Tratamientos | 4 | 0.10 | 0.024 | 1.896 | 3.478 | 0.188 | n.s. |
| Error | 10 | 0.13 | 0.013 | | | | |
| Total | 14 | 0.22 | | | | | |
| | | S = 0.11 | \bar{x} = 0.18 | | | C.V.= 63.64 % | |

En la tabla 19, análisis de varianza para grosor de raíces en la segunda evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 63.64% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente muy malo, lo que nos indica que el grosor de raíces en la segunda evaluación, dentro de cada tratamiento es muy heterogéneo, con un promedio de 0.18 cm.

La diferencia estadística no significativa nos indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen el mismo efecto sobre el grosor de raíces en la segunda evaluación.

Tabla 20

Prueba de significación de Duncan al 5% para grosor de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|---|
| 1 | T2 | 0.27 | a | |
| 2 | T4 | 0.24 | a | b |
| 3 | T3 | 0.20 | a | b |
| 4 | T1 | 0.12 | a | b |
| 5 | T5 | 0.06 | | b |

En la tabla 20, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable grosor de raíces en la segunda evaluación, se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T2 (Enraizador de Soja) el que ocupa el primer puesto con un promedio en el grosor de raíces en la segunda evaluación de 0.27 cm; la categoría “ab” conformada por los tratamientos T4 (Enraizador de Café), T3 (Enraizador de Canela) y T1 (Enraizador de Lentejas) los que ocupan el segundo puesto con un promedio en el grosor de raíces en la segunda evaluación de 0.24, 0.20 y 0.12 cm. respectivamente; la categoría “b” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador

de Sauce) el que ocupa el último puesto con un promedio en el grosor de raíces en la segunda evaluación de 0.06 cm.

Para la segunda evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que el tratamiento T2 (Enraizador de Soja) se diferencia del resto de los tratamientos en comparación con la evaluación anterior, asimismo se observa que las auxinas naturales de este tratamiento muestran mejor efecto en la variable grosor de raíces.

C. Tercera evaluación

Tabla 21

Análisis de varianza para grosor de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|---------------------|------|-----------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 12.60 | 3.149 | 17.407 | 3.478 | 0.000 | ** |
| Error | 10 | 1.81 | 0.181 | | | | |
| Total | 14 | 14.41 | | | | | |
| | | S = 0.43 | $\bar{x} = 0.76$ | C.V.= 55.91 % | | | |

En la tabla 21, análisis de varianza para grosor de raíces en la tercera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 55.91% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente muy malo, lo que nos indica que el grosor de raíces en la tercera evaluación, dentro de cada tratamiento es muy heterogéneo, con un promedio de 0.76 cm.

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable grosor de raíces en la tercera evaluación.

Tabla 22

Prueba de significación de Duncan al 5% para grosor de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T3 | 2.54 | a |
| 2 | T5 | 0.72 | b |
| 3 | T4 | 0.23 | b |
| 4 | T2 | 0.18 | b |
| 5 | T1 | 0.13 | b |

En la tabla 22, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable grosor de raíces en la tercera evaluación, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) el que ocupa el primer puesto con un promedio en el grosor de raíces en la tercera evaluación de 2.54 cm; la categoría “b” conformada por los tratamientos T5 (Enraizador de Sauce), T4 (Enraizador de Café), T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) los que ocupan el segundo puesto con un promedio en el grosor de raíces en la tercera evaluación de 0.72, 0.23, 0.18 y 0.13 cm. respectivamente en el grosor de raíces en la tercera evaluación.

Para la tercera evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) se diferencia del resto de los tratamientos en comparación con la evaluación anterior, asimismo se observa que las auxinas naturales de este tratamiento muestran mejor efecto en la variable grosor de raíces.

D. Cuarta evaluación

Tabla 23

Análisis de varianza para grosor de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 26.45 | 6.612 | 6.710 | 3.478 | 0.007 | ** |
| Error | 10 | 9.85 | 0.985 | | | | |
| Total | 14 | 36.30 | | | | | |
| | | S = 0.99 | $\bar{x} = 2.77$ | C.V.= 35.86 % | | | |

En la tabla 23, análisis de varianza para grosor de raíces en la cuarta evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 35.86% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente muy malo, lo que nos indica que el grosor de raíces en la cuarta evaluación, dentro de cada tratamiento es muy heterogéneo, con un promedio de 2.77 cm.

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable grosor de raíces en la cuarta evaluación.

Tabla 24

Prueba de significación de Duncan al 5% para grosor de raíces

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T2 | 4.31 | a |
| 2 | T1 | 4.21 | a |
| 3 | T3 | 2.68 | a b |
| 4 | T4 | 1.59 | b |
| 5 | T5 | 1.05 | b |

En la tabla 24, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable grosor de raíces en la cuarta evaluación, se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) los que ocupan el primer puesto con un promedio en el grosor de raíces en la cuarta evaluación de 4.31 y 4.21 cm respectivamente; la categoría “ab” conformada por el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) que ocupa el segundo puesto con un promedio en el grosor de raíces en la cuarta evaluación de 2.68 cm y la categoría “b” conformada por los tratamientos T4 (Enraizador de Café) y T5 (Enraizador de Sauce) los que ocupan el último lugar con un promedio en el grosor de raíces en la cuarta evaluación de 1.59 y 1.05 cm. respectivamente.

Para la cuarta evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que los tratamientos T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) se diferencian del resto de los tratamientos en comparación con la evaluación anterior, asimismo se observa que las auxinas naturales de estos tratamientos muestran mejor efecto en la variable grosor de raíces.

4.2.4 Número de ramas

A. Primera evaluación

Tabla 25

Análisis de varianza para número de ramas

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------------|------|
| Tratamientos | 4 | 0.48 | 0.121 | 1.643 | 3.478 | 0.239 | n.s. |
| Error | 10 | 0.73 | 0.073 | | | | |
| Total | 14 | 1.22 | | | | | |
| | | S = 0.27 | \bar{x} = 1.18 | | | C.V.= 23.01 % | |

En la tabla 25, análisis de varianza para número de ramas en la primera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 23.01% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente regular, lo que nos indica que el número de ramas en la primera evaluación, dentro de cada tratamiento tiene tendencia a ser heterogéneo, con un promedio de 1.18 (1.47 ramas).

La diferencia estadística no significativa nos indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen el mismo efecto sobre la variable número de ramas en la primera evaluación.

Tabla 26

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de ramas

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T2 | 1.47 | a |
| 2 | T3 | 1.28 | a |
| 3 | T4 | 1.14 | a |
| 4 | T1 | 1.00 | a |
| 5 | T5 | 1.00 | a |

En la tabla 26, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable número de ramas en la primera evaluación, se observa la presencia de 1 categoría, la categoría “a” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café), T1 (Enraizador de Lentejas) y T5 (Enraizador de Sauce) los que ocupan el primer puesto con un promedio en el número de ramas en la primera evaluación de 1.47, 1.28, 1.14, 1.00 y 1.00 ramas respectivamente.

Para la primera evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café), T1 (Enraizador de Lentejas) y T5 (Enraizador

de Sauce) muestran efecto de manera homogénea estadísticamente en comparación con la evaluación anterior, asimismo se observa que las auxinas naturales de estos tratamientos tienen mejor efecto en la variable número de ramas en la primera evaluación.

B. Segunda evaluación

Tabla 27

Análisis de varianza para número de ramas

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 1.24 | 0.309 | 6.208 | 3.478 | 0.009 | ** |
| Error | 10 | 0.50 | 0.050 | | | | |
| Total | 14 | 1.74 | | | | | |
| | | S = 0.22 | $\bar{x} = 1.47$ | C.V.= 15.22 % | | | |

En la tabla 27, análisis de varianza para número de ramas en la segunda evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 15.22% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente bueno, asimismo, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados, lo que nos indica que el número de ramas en la segunda evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 1.47 (2.27 ramas).

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable número de ramas en la segunda evaluación.

Tabla 28

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de ramas

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | | |
|------|-------|-------|---------------|---|---|
| 1 | T3 | 1.91 | a | | |
| 2 | T1 | 1.52 | a | b | |
| 3 | T2 | 1.38 | | b | c |
| 4 | T4 | 1.14 | | b | c |
| 5 | T5 | 1.00 | | | c |

En la tabla 28, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable número de ramas en la segunda evaluación, se observa la presencia de 4 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamientos T3 (Enraizador de Canela) que ocupa el primer puesto con un promedio en el número de ramas en la segunda evaluación de 1.91; la categoría “ab” conformada por el tratamiento T1 (Enraizador de Lentejas) que ocupa el segundo puesto con un promedio en el número de ramas en la segunda evaluación de 1.52, la categoría “bc” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja) y T4 (Enraizador de Café) los que ocupan el penúltimo lugar con un promedio en el número de ramas en la segunda evaluación de 1.38 y 1.14; y la categoría “c” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último lugar con un promedio de 1.00 en el número de ramas en la segunda evaluación.

Para la segunda evaluación, la prueba de significación de Duncan nos muestra que el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) muestra efecto de manera diferenciada con respecto de los demás tratamientos, asimismo se observa que las auxinas naturales de este tratamiento tienen mejor efecto en la variable número de ramas en la segunda evaluación.

C. Tercera evaluación

Tabla 29

Análisis de varianza para número de ramas

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|-----|
| Tratamientos | 4 | 1.51 | 0.378 | 7.569 | 3.478 | 0.004 | ** |
| Error | 10 | 0.50 | 0.050 | | | | |
| Total | 14 | 2.01 | | | | | |
| | | S = 0.22 | $\bar{x} = 1.39$ | C.V.= 16.07 % | | | |

En la tabla 29, análisis de varianza para número de ramas en la tercera evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 16.07% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente bueno, lo que nos indica que el número de ramas en la segunda evaluación, dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 1.39 (2.07 ramas).

La diferencia estadística altamente significativa nos indica que todos los tratamientos no son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen un efecto diferente sobre la variable número de ramas en la tercera evaluación.

Tabla 30

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de ramas

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación | |
|------|-------|-------|---------------|-----|
| 1 | T3 | 1.91 | a | |
| 2 | T1 | 1.52 | a | b |
| 3 | T2 | 1.38 | | b c |
| 4 | T4 | 1.14 | | b c |
| 5 | T5 | 1.00 | | c |

En la tabla 30, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable número de ramas en la tercera evaluación, se observa la presencia de 4 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) que ocupa el primer puesto con un promedio en el número de ramas en la tercera evaluación de 1.91; la categoría “ab” conformada por el tratamiento T1 (Enraizador de Lentejas) que ocupa el segundo puesto con un promedio en el número de ramas en la tercera evaluación de 1.52, la categoría “bc” conformada por los tratamientos T2 (Enraizador de Soja) y T4 (Enraizador de Café) los que ocupan el penúltimo lugar con un promedio en el número de ramas en la tercera evaluación de 1.38 y 1.14; y la categoría “c” conformada por el tratamiento T5 (Enraizador de Sauce) el que ocupa el último lugar con un promedio de 1.00 en el número de ramas en la tercera evaluación.

Como se muestra en los resultados, la aplicación del enraizador natural tratamiento T3 (Enraizador de Canela) muestra un efecto diferenciado en contraste con los demás tratamientos, asimismo, el tratamiento incrementó el número de ramas de 1.00 hasta 1.91 ramas. Asimismo, se observa que el enraizador de canela correspondiente al tratamiento T3 logra un mejor efecto para la variable número de ramas con respecto de los demás tratamientos en la tercera evaluación.

D. Cuarta evaluación

Tabla 31

Análisis de varianza para número de ramas

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _{cal} | F _{crit} | p-value | Sig |
|--------------|------|----------|------------------|------------------|-------------------|---------|------|
| Tratamientos | 4 | 0.38 | 0.095 | 1.521 | 3.478 | 0.269 | n.s. |
| Error | 10 | 0.63 | 0.063 | | | | |
| Total | 14 | 1.01 | | | | | |
| | | S = 0.25 | $\bar{x} = 1.13$ | C.V.= 22.25 % | | | |

En la tabla 31, análisis de varianza para número de ramas en la cuarta evaluación, se observa que en la fuente de tratamientos existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 22.25% es considerado según Calzada Benza (1960) como coeficiente regular, asimismo, esta magnitud es aceptable para conferir validez a los resultados, además, nos indica que el número de ramas en la cuarta evaluación, dentro de cada tratamiento tiene tendencia a ser heterogéneo, con un promedio de 1.13 (1.33 ramas).

La diferencia estadística no significativa nos indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que todos los tratamientos (Enraizadores naturales) tienen el mismo efecto sobre la variable número de ramas en la cuarta evaluación.

Tabla 32

Prueba de significación de Duncan al 5% para número de ramas

| O.M. | Trat. | Prom. | Clasificación |
|------|-------|-------|---------------|
| 1 | T1 | 1.38 | a |
| 2 | T2 | 1.24 | a |
| 3 | T3 | 1.00 | a |
| 4 | T4 | 1.00 | a |
| 5 | T5 | 1.00 | a |

En la tabla 32, prueba de significación de Duncan al 5% para la variable número de ramas en la cuarta evaluación, se observa la presencia de 1 categoría, la categoría “a” conformada por los tratamientos T1 (Enraizador de Lentejas), T2 (Enraizador de Soja), T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café) y T5 (Enraizador de Sauce) los que ocupan el primer puesto con un promedio en la variable número de ramas en la cuarta evaluación de 1.38, 1.24, 1.00, 1.00, y 1.00 respectivamente.

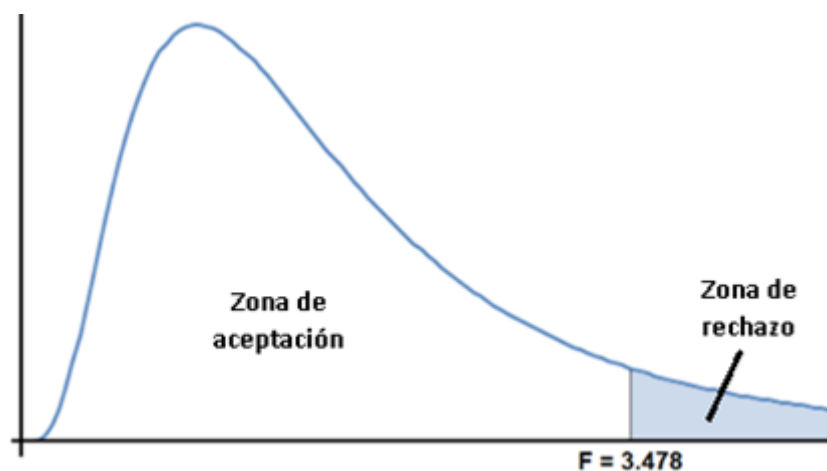
Como se indica en los resultados, la aplicación de los enraizadores naturales muestran un efecto homogéneo en la cuarta evaluación, asimismo, el contenido de auxinas de los diferentes tratamientos no se diferencia y estadísticamente son iguales en la cuarta evaluación.

4.3. Prueba de hipótesis

Hipótesis estadística:

H₀: *Todas las medias de los tratamientos son menores o igual que la f tabular*

H_a: *Al menos una media de un tratamiento es mayor que la f tabular*



Regla de decisión:

Si $f_{\text{cal}} \leq 3.478$, se acepta la H_0 , y se rechaza la H_a

Si $f_{cal} > 3.478$, se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a

| Evaluación | f_{cal} | f_{tab} | Decisión |
|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|
| Número de raíces | | | |
| – Primera evaluación | 5.553 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| – Segunda evaluación | 1.652 | 3.478 | <i>Se acepta la H_0</i> |
| – Tercera evaluación | 2.182 | 3.478 | <i>Se acepta la H_0</i> |
| – Cuarta evaluación | 9.678 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| Longitud de raíces | | | |
| - Primera evaluación | 4.770 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| - Segunda evaluación | 10.750 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| – Tercera evaluación | 11.653 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| – Cuarta evaluación | 7.817 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| Grosor de raíces | | | |
| – Primera evaluación | 2.513 | 3.478 | <i>Se acepta la H_0</i> |
| – Segunda evaluación | 1.896 | 3.478 | <i>Se acepta la H_0</i> |
| – Tercera evaluación | 17.407 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| – Cuarta evaluación | 6.710 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| Número de ramas | | | |
| – Primera evaluación | 1.643 | 3.478 | <i>Se acepta la H_0</i> |
| – Segunda evaluación | 6.208 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| – Tercera evaluación | 7.569 | 3.478 | Se rechaza la H_0 |
| – Cuarta evaluación | 1.521 | 3.478 | <i>Se acepta la H_0</i> |

4.4. Discusión de resultados

Para la variable número de raíces, la prueba de hipótesis nos muestra que existe efecto diferenciado de los tratamientos en la primera evaluación,

asimismo el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa, lo cual es comprobado por la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) donde los tratamientos T2 (Enraizador de Soja), T1 (Enraizador de Lentejas) y T3 (Enraizador de Canela) ocupan el primer puesto con respecto de los demás tratamientos, en la segunda y tercera evaluación la prueba de hipótesis nos muestra que no existe efecto diferenciado de los tratamientos, lo cual es corroborado por en análisis de varianza que nos muestra diferencia estadística no significativa; asimismo, en la cuarta evaluación la prueba de hipótesis nos muestra que existe efecto diferenciado de los tratamientos, asimismo, el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística altamente significativa lo cual es comprobado por la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) donde el tratamiento T2 (Enraizador de Soja), ocupa el primer puesto con respecto de los demás tratamientos. De acuerdo a los resultados se observa que el efecto de los enraizadores naturales tienen efecto diferente durante el proceso de enraizamiento, esto se corrobora con lo que manifiesta Cordova (2019) quien señala que el mayor porcentaje de estacas enraizadas se logró con la aplicación de enraizantes naturales, en contraste Bailon (2022) manifiesta que: los enraizantes naturales obtuvieron efectos diferentes, y que los resultados fueron muy significativos demostrando diferencias estadísticas entre ellos. Adicionalmente, Maldonado (1990) manifiesta que las auxinas se encuentran naturalmente en las plantas y son productos del metabolismo de las plantas; donde los principales centros de síntesis de auxinas son los meristemas de los órganos aéreos como en brotes, hojas tiernas, tallos en crecimiento, flores e inflorescencias, sintetizadas en pequeñas cantidades en los meristemas de las raíces; asimismo, Hartmann y Kester (1999) muestran que la auxina inicia un mecanismo de acidificación de la membrana citoplasmática (liberación de protones), cuando el pH desciende, las enzimas se activan, hidrolizando los componentes de la pared celular y liberando las paredes. El potencial (debido a

la presión) cae, entra agua y aumenta el volumen celular. las células crecen, la bomba de protones se inicia y también hay efectos de las auxinas sobre el metabolismo de los ácidos nucleicos y las proteínas.

Para la variable longitud de raíces, la prueba de hipótesis nos muestra que existe efecto diferenciado de los tratamientos en las cuatro evaluaciones, asimismo el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa en la primera evaluación y diferencia estadística altamente significativa en la segunda, tercera y cuarta evaluación, la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) nos muestra que en la primera evaluación los tratamientos T3 (Enraizador de Canela) y T1 (Enraizador de Lentejas) ocupan el primer puesto con respecto de los demás tratamientos; en la segunda, tercera y cuarta evaluación los tratamientos T3 (Enraizador de Canela), T4 (Enraizador de Café), T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) ocupan el primer puesto con respecto al tratamiento T5 (Enraizador de Sauce), los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Seki (2019) quien manifiesta que la mejor longitud de raíz se obtuvo con un extracto natural en comparación con el Ácido indol butírico 1000 mgL^{-1} , asimismo, Quisbert (2021) manifiesta que el enraizador que presento mejor resultado para la variable longitud de raíces fue el enraizador natural (agua de sauce) en contraste con el agua de coco y el agua solo (testigo).

Para la variable grosor de raíces, la prueba de hipótesis nos muestra que no existe efecto diferenciado de los tratamientos en la primera y segunda evaluación, asimismo el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística no significativa en la primera y segunda evaluación, en contraste la prueba de hipótesis nos muestra que existe efecto diferenciado de los tratamientos en la tercera y cuarta evaluación, el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística altamente significativa para la tercera y cuarta evaluación y la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) en la tercera evaluación nos muestra que

el tratamiento T3 (Enraizador de Canela) ocupa el primer puesto con respecto de los demás tratamientos, mientras que en la cuarta evaluación se observa que los tratamientos T2 (Enraizador de Soja) y T1 (Enraizador de Lentejas) ocupan el primer puesto con respecto de los demás tratamientos. Los resultados se corroboran con lo manifestado por Giraldo, Francisco y Rios (2009), quienes manifiestan que el grosor de raíces varió entre tratamientos siendo las raíces de las estacas tratadas con el enraizador natural (sábila) más gruesas, mientras que las estacas tratadas con enraizante químico fueron más delgadas.

Para la variable número de ramas, la prueba de hipótesis nos muestra que no existe efecto diferenciado de los tratamientos en la primera evaluación, asimismo el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística no significativa y la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) nos muestra que todos los tratamientos ocupan el primer puesto, asimismo la prueba de hipótesis nos muestra que en la segunda y tercera evaluación existe efecto diferenciado de los tratamientos, el análisis de varianza nos muestra diferencia estadística altamente significativa en la segunda y tercera evaluación; y la prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) nos muestra al tratamiento T3 (Enraizador de Canela) ocupando el primer puesto en contraste con los demás tratamientos en la segunda y tercera evaluación; asimismo, en la cuarta evaluación la prueba de hipótesis nos muestra que no existe efecto diferenciado de los tratamientos, en el análisis de varianza se observa diferencia estadística no significativa y la prueba de significación de Duncan nos muestra a todos los tratamientos ocupando el primer puesto. Los resultados muestran que los enraizadores naturales no tienen efecto en la formación de ramas, debido a que esta zona de la estaca no estuvo en contacto con los enraizadores naturales esto se confirma con lo que menciona el CIAT (2002) que dice: que la presencia de yemas axilares en cada nudo es importante porque las estacas pueden producir nuevas plantas a partir de ellas. En teoría, los esquejes de cada yema de nudo pueden

producir un nuevo vástago de tallo principal. Sin embargo, la cantidad de tallos producidos depende en gran medida de cómo se plantó el esqueje (cuando se entierran horizontalmente, todos los nudos tienden a germinar, mientras que cuando se entierran verticalmente, solo la yema apical suele estar activada). Adicionalmente, manifiestan que el número de brotes de los esquejes también depende de la dominancia apical que caracteriza a cada cultivar, a medida que se fortalece, solo el brote superior se convierte en el tallo principal, asimismo, las condiciones generales de los esquejes, especialmente las yemas axilares, también determinan el número de tallos que producirán los esquejes.

CONCLUSIONES

- Los productos enraizantes naturales probados en el trabajo de investigación tienen efectos similares en momentos diferentes durante el desarrollo de las raíces en la propagación asexual de yuca sin embargo el enraizante de sauce es el que tiene menos efecto en el proceso enraizador en los esquejes de yuca, inversamente con los resultados obtenidos por Rodríguez y Hechevarría (2004); sin embargo similares a los obtenidos por Córdova (2019); por lo que podemos concluir que los enraizantes naturales de lentejas tal como afirma Cruces (2021) y Morales (2021), soja, canela como lo afirma Torres (2014), café pueden ser utilizados en la propagación de esquejes de yuca.
- Los enraizantes naturales tienen efectos diferenciados en las variables número de raíces hasta la tercera evaluación, sin embargo, sus efectos son similares para la cuarta evaluación, para la variable longitud de raíces y grosor de raíces se observa efectos diferenciados de los enraizadores naturales en todas las evaluaciones, mientras que en la variable número de ramas los efectos son similares.
- Las auxinas se encuentran naturalmente en las plantas y son productos del metabolismo de las plantas. Los principales centros de síntesis de auxinas son los meristemas de los órganos superficiales, como los brotes, las hojas jóvenes, los tallos en crecimiento, las flores y las inflorescencias, y se sintetizan pequeñas cantidades en los meristemas de las raíces. La auxina también inicia el mecanismo de acidificación (liberación de protones) de la membrana citoplasmática. Una disminución del pH activa las enzimas que hidrolizan los componentes de la pared celular y liberan la pared, ésta bajará, entrará agua y aumentará el volumen de la célula. Las células crecen, se inician bombas de protones y también existe el efecto de la auxina en el metabolismo de los ácidos nucleicos y las proteínas.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar la ejecución de trabajos de investigación buscando confirmar los resultados obtenidos en la presente investigación, asimismo probar el efecto de los enraizadores naturales probados, en la propagación asexual de otros cultivos con la finalidad de que los agricultores utilicen los materiales que estén al alcance en la propagación de esquejes en diferentes cultivos.
2. Promover el cultivo de yuca a partir de la propagación asexual, y utilizando enraizadores naturales para mejorar y uniformizar el enraizamiento de los esquejes de yuca, debido a que este cultivo es de importancia económica y alimenticia para los pobladores de selva, cuando los productos de pan llevar elevan sus precios.
3. Promover la utilización de enraizadores naturales en la propagación asexual de los cultivos, debido a que su costo en comparación con los productos químicos resulta sumamente barato y son accesibles para los agricultores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E. (1999). *Guía del Cultivo de yuca (Manihot esculenta)*. San José, CR, M.A.G.
- Angulo, M. (2001). *Épocas críticas de control de malezas en yuca (Manihot esculenta)* en la Región Atlántica de Costa Rica. Tesis Bach. Ing. Agr. IICA.
- Bailon R. (2022). *Evaluación de tres enraizantes naturales en la reproducción asexual de Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud y Swietenia macrophylla en vivero*. Tesis. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador.
- Ballesteros, I.; Piedrahíta, W.; Melo, S.; Peña, R. (2012). Evaluación de cuatro enraizadores y tres métodos de aplicación en *Sedum acre* L, *Sedum luteoviride* R.T.Clausen, *Sedum reflexum* (L.) Grulich y *Sedum sediforme* (Jacq.) Pau. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Borges, J.; León, M.; Marturet, E.; Barrios, M. (2016). *Fitoestimulación en estacas de morera (Morus alba L.) mediante extractos vegetales*. Bioagro.
- Cadavid, LF. (2002). *Fertilización del cultivo de yuca*. Cali, CO, CIAT. In. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, CO, CIAT.
- Cajamarca, E. (2016). *Determinación de la eficiencia de hormonas en la propagación por ramillas de cacao tipo nacional (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador.
- Caraballo, L.; Velasquez, E. y Torres, D. (1997). *El cultivo de yuca bajo riego*. Fondo de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela (FONAIAP). Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Anzoátegui. Publ. no. 56. Disponible en:
http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd56/yuca.htm

- CATIE s.f. *Mejoramiento Genético forestal. Centro agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE)*. Proyecto Mejoramiento Genético forestal. Editores: Cornelius, Costa Rica.
- CIAT (Centro de Investigación de Agricultura Tropical, CO). (1981). *Informe programa de yuca. Cali, CO*.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (2002). *La yuca en el tercer milenio sistemas modernos de producción y procesamiento*.
- Condori, E. (2006). *Efecto de enraizadores naturales en la propagación asexual de arce negundo (Arce negundo) en vivero*. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia.
- Cordova R. (2019). *Aplicación de extractos vegetales en la propagación asexual de estacas de valeriana (Valeriana sp)*. Tesis. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Cruces, H. (2021). *Efecto de cuatro enraizantes naturales en la germinación de semilla de palta (Persea americana) variedad topa topa, comunidad Santa Catalina de Tranca, San Miguel, La Mar, Ayacucho*. Universidad José Carlos Mariátegui. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.
- De Faria, F. (2003). *Validación del protocolo de propagación por estacas y acodos de Ficus carica y su establecimiento in vitro*. Tesis Bach. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- El-Sharkawy, M. A. y Cadavid, L. (2000). *Genetic variation within cassava germplasm in response to potassium*. Exper. Agric.
- Enciclopedia Océano. (2002). *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Océano Editores. Barcelona, ES. p.1032.

- Giraldo, L.; Ríos, H.; Polanco, M. (2009). *Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental.
- Goitia, L. (2003). *Manual de dasonomía y silvicultura*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Hartmann, H. y Kester, D. (1999). *Propagación de Plantas: Principios y prácticas*. 7 ed. Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos.
- Hernández, L., Benítez, B., Soto, F., y Domini, M. (2007). *Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo del cultivo de Anthurium andreanum*. Cultivos Tropicales.
- Hidalgo, E; Somarribas, T; Leitón, M. (1997). *Análisis del Estado Actual del "Cuero de Sapo" (complejo viral) y la Tecnología Empleada por los Productores de Yuca en la Región Huetar Norte de Costa Rica*. Seminario de Tesis Lic. Ing. Agr. Santa Clara, CR, ITCR.
- Hurtado, D. y Merino, M.E. 1991. *Cultivo de tejidos vegetales* 2da reimpresión, Editorial trillas, México.
- IICA (Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola). (1997). *Cultivo de yuca. Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá*.
- IITA (International Institute Of Tropical Agriculture). (1999). Annual Report for. -- Ibadan: IITA.
- Infoagro, (2004). *Boletín No 18. San José C.R.* Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria.
- López, J. (2002). *Semilla vegetativa de la yuca. Cali, CO, CIAT*. In. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali, CO, CIAT.

- Maldonado, R. (1990). *Respuesta de la especie tres puntas (Neurotonalobata L.) a la propagación in vitro*. Tesis. USAC, Facultad de Agronomía. Guatemala.
- Mejía De Tafur S, El-Sharkawy M, Cadavid L. (1997). *Response of cassava (Manihot esculentum Crantz) to water stress and fertilization*. Photosynthetica.
- Mejía de Tafur, MS. (2002). *Fisiología de la yuca (Manihot esculenta Crantz) Cali, CO, CIAT. In. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali, CO, CIAT.
- Mendoza, R. (2010). *Prácticas adquiridas en distintos métodos de Propagación de Queñua Polylepis sp.* La Paz, Bolivia.
- Montaldo, A. (1972). *Cultivo de Raíces y de Tubérculos Tropicales*. Lima, PE, IICA.
- Morales, A.L. (2021). Evaluación de la eficacia de dos enraizantes naturales a base de lenteja (*Lens culinaris*) y sábila (*Aloe vera*) en álamo plateado y aliso en el vivero de Las Acacias del barrio San Sebastián de Salcedo durante el periodo actual. Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Navarro, F. (1990). *La yuca*. San José, CR, MINAE.
- Navarro, M.F. (1983). *Guía técnica para el cultivo de yuca*. Estación experimental.
- Olsen KM, Schaal BA. (1999). *Evidence on the origin of cassava: phylogeography of Manihot esculenta*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 96(10): 5586–5591.
- Ospina Bernardo, Garcia, M. y Alcalde, C. (2002). *Sistemas mecanizados de siembra y cosecha para el Cultivo de yuca, sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali: Publicación CIAT.
- Pascolini, A. (2013). *Estimulación del enraizamiento de estacas con extractos de Salix fragilis, Plantago lanceolata y Aloe vera*. Universidad Nacional de Río Negro.
- Porras, E. (1993). *Evaluación del ácido 2, 4-diclorofenoxiacético el ácido indolbutírico el ácido 2-dicloroetil fosfónico y un extracto de corteza de sauce como*

agentes enraizantes en esquejes de dos variedades de clavel (Dianthus caryophyllus L.) (tesis de pregrado).

Quisbert E. (2021). *Efecto de enraizadores naturales en la propagación vegetativa de astrapea (Dombeya wallichii Lindl K. Schum) en tres tiempos de remojo, comunidad Tirma - La Paz*. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia.

Rodríguez González, Horacio, & Hechevarría Sosa, Isabel. (2004). *Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de Aloe vera (L.) N. L. Burm.* Revista Cubana de Plantas Medicinales.

Seki A. (2019). *Eficacia de tres enraizadores naturales en la propagación vegetativa por estacas aéreas de menta (Mentha x piperita L.)*. Tesis. Universidad Nacional del Este.

Sisa, M. (2017). *Evaluación de extractos vegetales como alternativa ecológica para accionar el enraizamiento de estacas de rosa (Rosa spp.)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Toro, JC; Atlee, C. (1981). *Prácticas Agronómicas para la producción de yuca*. Cali, CO, CIAT.

Torres, C. (2014). *Evaluación de la eficacia de tres enraizadores orgánicos y ácido indol acético (AIA) en esquejes de aguaymanto (Physalis peruviana Linnaeus) en Lircay – Angaraes*. Tesis. Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía. Huancavelica, Perú.

Villarroel, J. (1990). *Primer seminario Nacional sobre la Fertilidad de los suelos y Usos de la fertilización en Bolivia*. Ed. Centro de Investigación Agrícola Tropical CIAT. Santa Cruz, Bolivia.

Yuste, P. (1997). *Biblioteca de la Horticultura. Idea Bocks S.A.* Barcelona, España. Tomo III.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Evaluaciones

Número de raíces

- Primera evaluación

| Bloques | Número de raíces - Unid | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 12 | 13 | 13 | 16 | 7 |
| II | 22 | 22 | 12 | 10 | 5 |
| III | 11 | 22 | 19 | 9 | 4 |

- Segunda evaluación

| Bloques | Número de raíces - Unid | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 14 | 14 | 13 | 35 | 11 |
| II | 32 | 26 | 6 | 13 | 9 |
| III | 22 | 19 | 28 | 30 | 10 |

- Tercera evaluación

| Bloques | Número de raíces - Unid | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 36 | 38 | 22 | 27 | 13 |
| II | 34 | 13 | 38 | 14 | 15 |
| III | 27 | 24 | 20 | 33 | 12 |

- Cuarta evaluación

| Bloques | Número de raíces - Unid | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 32 | 37 | 46 | 38 | 16 |
| II | 26 | 64 | 29 | 23 | 13 |
| III | 27 | 49 | 48 | 33 | 15 |

Longitud de raíces

- Primera evaluación

| Bloques | Longitud de raíces - cm | | | | |
|---------|-------------------------|-------|-------|-------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 12.80 | 15.10 | 15.60 | 8.90 | 7.40 |
| II | 25.20 | 17.40 | 20.40 | 13.60 | 9.30 |
| III | 14.00 | 16.70 | 17.80 | 4.80 | 6.20 |

- Segunda evaluación

| Bloques | Longitud de raíces - cm | | | | |
|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 42.00 | 38.50 | 35.40 | 45.50 | 15.40 |
| II | 29.20 | 37.40 | 52.80 | 39.80 | 16.40 |
| III | 32.00 | 38.70 | 38.00 | 35.50 | 15.30 |

- Tercera evaluación

| Bloques | Longitud de raíces - cm | | | | |
|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 38.20 | 39.20 | 44.30 | 33.80 | 18.40 |
| II | 39.40 | 56.30 | 43.30 | 38.90 | 16.70 |
| III | 49.70 | 47.30 | 35.60 | 47.50 | 14.80 |

- Cuarta evaluación

| Bloques | Longitud de raíces - cm | | | | |
|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 48.30 | 49.60 | 47.80 | 42.60 | 39.20 |
| II | 46.50 | 53.20 | 43.80 | 38.70 | 24.50 |
| III | 49.80 | 49.50 | 59.30 | 42.00 | 19.86 |

Grosor de raíces

- Primera evaluación

| Bloques | Grosor de raíces - cm | | | | |
|---------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 0.123 | 0.029 | 0.193 | 0.173 | 0.025 |
| II | 0.458 | 0.224 | 0.240 | 0.179 | 0.030 |
| III | 0.185 | 0.173 | 0.252 | 0.110 | 0.048 |

- Segunda evaluación

| Bloques | Grosor de raíces - cm | | | | |
|---------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 0.126 | 0.408 | 0.098 | 0.239 | 0.068 |
| II | 0.048 | 0.229 | 0.059 | 0.222 | 0.044 |
| III | 0.172 | 0.175 | 0.439 | 0.265 | 0.056 |

- Tercera evaluación

| Bloques | Grosor de raíces - cm | | | | |
|---------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 0.135 | 0.201 | 3.400 | 0.170 | 0.093 |
| II | 0.112 | 0.139 | 1.890 | 0.224 | 1.055 |
| III | 0.143 | 0.204 | 2.340 | 0.282 | 1.024 |

- Cuarta evaluación

| Bloques | Grosor de raíces - cm | | | | |
|---------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 4.990 | 6.470 | 2.310 | 2.320 | 1.013 |
| II | 3.720 | 2.890 | 2.280 | 1.110 | 1.057 |
| III | 3.930 | 3.570 | 3.440 | 1.350 | 1.072 |

Número de ramas

- Primera evaluación

| Bloques | Número de ramas - Unid. | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| II | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| III | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |

- Segunda evaluación

| Bloques | Número de ramas - Unid. | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 |
| II | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| III | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 |

- Tercera evaluación

| Bloques | Número de ramas - Unid. | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 |
| II | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| III | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 |

- Cuarta evaluación

| Bloques | Número de ramas - Unid. | | | | |
|---------|-------------------------|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| I | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| II | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| III | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Panel Fotográfico



Foto 01. Limpieza y acondicionamiento del área designada para la tesis



Foto 02. Preparación del sustrato



Foto 03. Embolsado



Foto 04. Preparación de los enraizadores naturales



Foto 05. Aplicación de los tratamientos a las estacas de yuca



Foto 06. Repique de las estacas en las bolsas



Foto 07. Instrumentos para evaluación



Foto 08. Lavado de los esquejes para evaluación



Foto 09. Esquejes listos para evaluación



Foto 10. Esquejes listos para evaluación



Foto 11. Desarrollo del área foliar



Foto 12. Evaluaciones finales