

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE INJERTOS DE MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*)  
EN PATRONES DE DISTINTAS EDADES  
TESIS DE GRADO

**CARLOS EDUARDO DÍAZ DÍAZ**  
CARNET 21333-09

ESCUINTLA, MARZO DE 2015  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE INJERTOS DE MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*)

EN PATRONES DE DISTINTAS EDADES  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**CARLOS EDUARDO DÍAZ DÍAZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, MARZO DE 2015  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

|  |  |
|--|--|
| RECTOR:                                    | P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.                        |
| VICERRECTORA ACADÉMICA:                    | DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO          |
| VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: | DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.            |
| VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:  | P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.              |
| VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:                | LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS                                |
| SECRETARIA GENERAL:                        | LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA |

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

|                      |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|
| DECANO:              | DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS |
| VICEDECANA:          | LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  |
| SECRETARIA:          | ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES        |
| DIRECTOR DE CARRERA: | MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA     |

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. ALMA LETICIA CIFUENTES ALONZO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. DANILO ERNESTO DARDÓN ÁVILA

MGTR. LUIS AMÉRICO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ

ING. JORGE ALFREDO CARDONA ORELLANA

Guatemala, 5 de Enero de 2015.

Miembros  
Consejo de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Guatemala

Honorables Miembros:

Por este medio informo a ustedes que he asesorado al estudiante Carlos Eduardo Díaz Díaz, carné: 21333-09, en la ejecución de su trabajo de graduación titulado: "Evaluación del prendimiento de injertos realizados en patrones de distintas edades en macadamia (*Macadamia integrifolia*)".

Considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar, por lo que sugiero su aprobación.

Sin otro particular,

Atentamente:



Ing. Agr. Alma Leticia Cifuentes Alonzo  
Asesor. Código URL 21101



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante CARLOS EDUARDO DÍAZ DÍAZ, Carnet 21333-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 061-2015 de fecha 6 de febrero de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE INJERTOS DE MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*)  
EN PATRONES DE DISTINTAS EDADES**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 4 días del mes de marzo del año 2015.

  
\_\_\_\_\_  
**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**Universidad Rafael Landívar**



## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

Dios por haberme brindado a unos padres ejemplares y por haberme permitido culminar uno de mis objetivos.

Mis papas, María del Carmen Díaz Ramírez y Eduardo Enrique Díaz Molina (Q. D. E. P.), por ser personas dignas de admirar y copiar para mi vida como profesional.

Mi esposa e hija, por ser el motor de motivación para superarme y ser una mejor persona para ellas.

Los que tuvieron influencia en la elaboración de este proyecto, Ing. Agr. Esteban Alberto Barrios, Ing. Agr. Marvin Rustrían, Ing. Agr. Roberto Chacón, por apoyarme y compartir sus conocimientos conmigo.

Ing. Agr. Roberto Chacón, por haberme permitido realizar el presente ensayo en su vivero y colaborar en la elaboración del proyecto.

## DEDICATORIA

**A:**

**DIOS:** Por haberme dado la fuerza para culminar este objetivo

**MI MAMA:** María del Carmen Díaz Ramírez de Díaz, por creer en mí y motivarme a finalizar la carrera

**MI PAPA:** Eduardo Enrique Díaz Molina (Q. D. E. P.), por ser una persona que siempre admirare y siempre amare por ser mi papa y por haber sido el motivador principal de esta carrera universitaria. ME HACE MUCHA FALTA SU PRESENCIA, LO AMO MUCHO.

**MI ESPOSA:** Andrea Carolina Aroche Morales de Díaz, por nunca dejarme desistir del objetivo L.Q.M.

**MI HIJITA:** Amelia Abigail Díaz Aroche, aunque hace unos meses vino a mi vida yo ya estaba superándome para ella.

**MIS HERMANOS:** María de los Ángeles Díaz Díaz, María del Carmen Díaz Díaz, Manuel Alejandro Díaz Barillas y Patricia María Díaz Barillas, por haberme apoyado en el transcurso de la carrera.

**URL:** Por ser el lugar donde me forme como profesional

# ÍNDICE

# Página

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b>  | i  |
| <b>SUMMARY</b>  | ii |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>  | 1  |
| <b>II. MARCO TEÓRICO</b>  | 2  |
| 2.1 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE MACADAMIA                                | 2  |
| 2.1.1 Origen y distribución de la macadamia                             | 2  |
| 2.1.2 Descripción botánica de la macadamia                              | 2  |
| 2.1.3 Clasificación botánica de la macadamia                            | 3  |
| 2.1.4 Principales variedades de macadamia                               | 3  |
| 2.2 FASE DE VIVERO DE LA MACADAMIA                                      | 4  |
| 2.2.1 Propagación de la planta  | 4  |
| 2.2.2 Semillero   | 6  |
| 2.2.3 Desinfección del sustrato   | 6  |
| 2.2.4 Proceso de siembra de la semilla                                  | 7  |
| 2.2.5 Vivero del porta injerto  | 7  |
| 2.2.6 Variedades a injertar   | 8  |
| 2.2.7 Selección y preparación del material a injertar                   | 9  |
| 2.2.8 Técnica del injerto   | 9  |
| 2.2.9 Poda de formación   | 10 |
| 2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE MACADAMIA<br>EN CAMPO DEFINITIVO | 11 |
| 2.3.1 Temperatura   | 11 |
| 2.3.2 Altitud y luminosidad   | 11 |
| 2.3.3 Precipitación pluvial y humedad relativa                          | 11 |
| 2.3.4 Suelos  | 11 |
| 2.4 VALOR NUTRICIONAL DE LA NUEZ DE MACADAMIA                           | 12 |
| 2.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA MACADAMIA                               | 12 |
| 2.6 REQUERIMIENTOS DEL MERCADO DE LA MACADAMIA                          | 13 |

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> | 14            |
| 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA            | 14            |
| 3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO          | 14            |
| <b>IV. OBJETIVOS</b>                   | 15            |
| 4.1 GENERAL                            | 15            |
| 4.2 ESPECÍFICOS                        | 15            |
| <b>V. HIPÓTESIS</b>                    | 16            |
| <b>VI. METODOLOGÍA</b>                 | 17            |
| 6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO           | 17            |
| 6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL              | 17            |
| 6.3 FACTOR ESTUDIADO                   | 17            |
| 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS    | 18            |
| 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL                | 18            |
| 6.6 MODELO ESTADÍSTICO                 | 18            |
| 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL                | 19            |
| 6.8 CROQUIS DE CAMPO                   | 19            |
| 6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO             | 19            |
| 6.9.1 Porta injerto                    | 20            |
| 6.9.2 Selección de las varetas         | 20            |
| 6.9.3 Tipo de injerto                  | 20            |
| 6.10 VARIABLES RESPUESTA               | 20            |
| 6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN        | 21            |
| 6.11.1 Análisis estadístico            | 21            |
| 6.11.2 Análisis económico              | 21            |
| <b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>     | 22            |

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 7.1 TIEMPO QUE TRANSCURRIÓ EN DIAS AL APARECIMIENTO<br>DE LOS PRIMEROS BROTES  | 22            |
| 7.2 NÚMERO DE BROTES DEL PORTA INJERTO<br>EN LOS TRATAMIENTOS                  | 24            |
| 7.3 TIEMPO EN MESES QUE LLEVARON LOS TRATAMIENTOS<br>PARA ESTAR LISTOS A CAMPO | 27            |
| 7.4 PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO QUE SE OBTUVO<br>POR EDAD DEL PORTA INJERTO     | 27            |
| 7.5 COSTOS DE LOS TRATAMIENTOS   | 29            |
| <b>VIII. CONCLUSIONES</b>  | 31            |
| <b>IX. RECOMENDACIONES</b>   | 32            |
| <b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | 33            |
| <b>XI. ANEXOS</b>  | 35            |

## ÍNDICE DE CUADROS

## Página

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Cuadro 1. | Clasificación botánica de la macadamia  | 3  |
| Cuadro 2. | Principales variedades de macadamia y sus características                           | 4  |
| Cuadro 3. | Características del material a injertar   | 9  |
| Cuadro 4. | Valor nutricional de la nuez de macadamia   | 12 |
| Cuadro 5. | Tratamientos a evaluar en macadamia   | 18 |
| Cuadro 6. | Aleatorización de los tratamientos en campo   | 19 |
| Cuadro 7. | Altura y diámetro del brote promedio en el mes de marzo                             | 22 |
| Cuadro 8. | Altura y diámetro del brote promedio en el mes de abril                             | 23 |
| Cuadro 9. | Altura y diámetro del brote promedio en el mes de mayo                              | 23 |
| Cuadro10. | Altura y diámetro del brote promedio en el mes de junio                             | 24 |
| Cuadro11. | Promedio de brotes por tratamientos y días  | 24 |
| Cuadro12. | Análisis de varianza para número de brotes por tratamientos                         | 26 |
| Cuadro13. | Prueba de medias según Tukey para el número de brotes a los<br>45 días de injertado | 26 |
| Cuadro14. | Asignación de literales a las medias de los tratamientos                            | 26 |
| Cuadro15. | Costos de producción y relación Beneficio – Costo                                   | 29 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Figura 1. Brotes por tratamiento y días transcurridos    | 25            |
| Figura 2. Porcentaje de pegue por edad del porta injerto | 28            |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Fotografía1. Área experimental                        | 38            |
| Fotografía2. Púa terminal                             | 39            |
| Fotografía3. Anillado de la vareta                    | 39            |
| Fotografía4. Tratamiento 1 repetición 1, ya injertado | 40            |
| Fotografía5. Planta lista para campo definitivo       | 40            |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Número de brotes del injerto                            | 35            |
| Cuadro 2. Datos para el análisis de varianza                      | 35            |
| Cuadro 3. Comparación de medias según Tukey                       | 35            |
| Cuadro 4. Promedio del porcentaje de prendimiento                 | 36            |
| Cuadro 5. Relación beneficio – costos del tratamiento 1 (4 meses) | 36            |
| Cuadro 6. Relación beneficio – costos del tratamiento 2 (8 meses) | 37            |
| Cuadro 7. Relación beneficio costo del tratamiento 3 (12 meses)   | 38            |

# **Evaluación de injertos de macadamia (*Macadamia integrifolia*) en patrones de distintas edades**

## **RESUMEN**

El presente estudio se realizó en el vivero ASPA, aldea Palmarcito, San Felipe Retalhuleu. La investigación evaluó el prendimiento de injertos realizados en patrones de distintas edades de macadamia (*Macadamia integrifolia*). Fueron evaluadas tres edades; 4 meses, 8 meses y 12 meses. Para el efecto se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y ocho repeticiones para tener 24 unidades experimentales. Para evaluar el prendimiento de injertos se efectuaron dos lecturas, la primera a los 20 días después de injertadas y una última a los 45 días después de injertadas. Con base en los resultados se determinó que en el análisis beneficio – costo del tratamiento uno (4 meses) fue el más rentable, aunque los tratamientos dos y tres (8 y 12 meses respectivamente) presentaron un buen promedio de brotes, estuvieron por debajo en la comparación de costos. Por lo tanto, se recomienda que el injerto se realice a los cuatro meses de edad, sin descartar la opción de estudiar el injerto a los ocho y doce meses, mejorándoles las condiciones de sombra y humedad.

# **Evaluation of macadamia (*Macadamia integrifolia*) grafting in different aged stocks**

## **SUMMARY**

This study was carried out in the ASPA nursery, aldea Palmarcito, San Felipe Retalhuleu. The research evaluated the engraftment performed in different age patterns of macadamia (*Macadamia integrifolia*). Three ages were evaluated; 4, 8 and 12 months. A complete randomized block design with three treatments and eight replicates were used in order to obtain 24 experimental units. To evaluate the successful grafting, two readings were carried out; the first one 20 days after the grafting and the other one 45 days after the grafting. Based on the results, it was determined that in evaluation of the benefit-cost relation the treatment one (4 months) was the most profitable, although the treatments two and three (8 y 12 months respectively) showed a good average of outbreaks, these were below in cost comparison. Therefore, it is recommended to carry out the grafting at four months, without discarding the option to study the grafting at eight and twelve months, giving them best conditions of shade and moisture.

## I. INTRODUCCIÓN

La macadamia (*Macadamia integrifolia*) está considerada como un cultivo no tradicional o exótico con mayor valor comercial, por la diversidad de usos y por la apreciación monetaria en el mercado de la nuez. En la actualidad se presenta como una alternativa para la diversificación de la producción agrícola, ya que por sus requerimientos ecológicos puede adaptarse muy bien en la zona cafetalera de Guatemala, actualmente en el país se cultivan seis mil hectáreas generando diez mil empleos directos e indirectos, produciendo 750 TM al año (Gutiérrez, 1995).

El cultivo de macadamia fue introducido a Guatemala en 1958, cuando la empresa Agronómicas de Guatemala importó diversas variedades, procedentes de Hawái, este crece en temperaturas medias de 18 °c y altitudes entre los 700 y 1200 msnm (Chum, 2011).

Las primeras plantaciones se hicieron por medio de semillas, sin tomar en cuenta que la macadamia es de polinización cruzada, por lo cual las plantas reproducidas por semillas presentan variabilidad genética, que afectan la uniformidad de la plantación (Granados, 2008).

Aunque pueden propagarse por semillas, es recomendable recurrir a métodos de reproducción asexual (injerto en vivero), ya que con esto se consigue una mejor homogeneidad en la plantación y se acelera su producción. El proceso de injertación en vivero lleva un periodo de dos años; el primer año corresponde al crecimiento del patrón y el segundo año para el crecimiento de la planta ya injertada.

Con esta investigación se propone evaluar el pegue que se obtiene al injertar el porta injerto a diferentes edades, con el objetivo de reducir el tiempo de crecimiento en vivero y obtener una mejor relación beneficio– costo en el proceso de producción de plantas de macadamia injertadas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE MACADAMIA

#### 2.1.1 Origen y distribución de la macadamia

La macadamia es originaria de los bosques lluviosos de Australia, por lo que se adapta a regiones húmedo tropicales y tropicales (ANACAFE, 2004).

Entre los principales países productores por orden de importancia están: Australia, Estados Unidos de América, Sudáfrica, Kenia, Guatemala con 750 TM al año, Costa Rica, y Brasil; aunque también se produce nuez de macadamia en Nueva Zelanda, Colombia, México, El Salvador, Taiwán, Indonesia, Malawi, Singapur, Mozambique, Zimbawe. En 1958 se introdujeron semillas de variedades procedentes de Hawái. Guatemala se inició como productor a escala de nuez de macadamia en el año 1972, con el establecimiento de la finca San José El Carmen, ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, con un proyecto de 720 hectáreas y alcanzó a producir en 1979, la cantidad de 454,545 kilogramos húmeda en concha (Morán, 2008).

#### 2.1.2 Descripción botánica de la macadamia

La macadamia es un árbol que puede llegar a crecer hasta 15 m de altura y nueve metros de ancho, su sistema radicular es poco profundo y superficial, el cual además de darle sostén, le ayuda en la absorción de nutrimentos. Sus hojas son espatuladas, coriáceas y de color verde intenso. Su floración es un racimo; que tiene aproximadamente 300 flores y se encuentran de tres a cuatro racimos por axila. La flor es sostenida por un pedúnculo, por ser de polinización cruzada, esta se mejora por medio del uso de abejas melíferas (Granados, 2008).

Las flores pueden ser color crema (*Macadamia integrifolia*) o rosado (*Macadamia tetraphylla*). Su fruto es un folículo de forma esférica con pericarpio carnoso de color verde. Su germinación es hipogea, la semilla es latente por tener una cubierta dura, su propagación requiere de un ciclo sexual y uno asexual. La semilla es el óvulo fecundado y maduro que está formado de dos partes

esenciales. La cubierta de la semilla, desarrollada de los tegumentos del óvulo, el embrión y endospermo que se encuentran juntos en este caso (IARNA, 1995).

Su fruto es simple, se deriva de un pistilo, seco e indehisciente; tiene un pericarpio seco, al madurar permanece cerrado, retiene la semilla que es en si la nuez (IARNA, 1995).

### 2.1.3 Clasificación botánica de macadamia

Cabrera (2010), menciona que la clasificación botánica de la macadamia es la que se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación botánica de la macadamia

|           |  |
|-----------|--|
| Reino     | Plantae  |
| Sub-reino | Embryobionta                                   |
| División  | Magnoliophyta                                  |
| Clase     | Magnoliopsida                                  |
| Sub-clase | Rosidae  |
| Familia   | Proteaceae                                     |
| Género    | Macadamia                                      |
| Especie   | <i>M. integrifolia</i> , <i>M. tetraphylla</i> |

(Cabrera, 2010)

### 2.1.4 Principales variedades de la macadamia

Las variedades que se cultivan en Guatemala y el mundo tienen su origen en la selección realizada en la Universidad de Hawái, donde tomaron especial interés por el alto contenido de aceite de las almendras y el mayor tamaño de éstas en

relación con la cáscara (Chum, 2011). Las principales variedades que se cultivan en Guatemala se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Principales variedades de macadamia y sus características

| <b>Variedad</b> | <b>Nombre</b> | <b>Copa</b>  | <b>Hojas</b>  | <b>Nueces / kg</b> |
|-----------------|---------------|--|---|--------------------|
| 246             | Keauhou       | Muy densa, ramas con uniones muy débiles.                      | Espatulada, borde ondulado, base aguda, ápice obtuso. | 121                |
| 333             | Ikalka        | Redonda, uniones fuertes, ramas muy abiertas y muy precoces.   | Lisas y anchas, borde ondulado.                       | 132                |
| 508             | Takea         | Densa, vertical  | Sin terminaciones puntiagudas en el borde.            | 132                |
| 344             | Kau           | Compacta, vertical.  | Espatulada, ápice obtuso y base aguda.                | 121                |
| 660             | Keaau         | Mediana vertical, resistente a vientos, susceptible a sequías. | Sin terminaciones puntiagudas en los bordes.          | 143                |

(Chum, 2011).

## **2.2 FASE DE VIVERO DE LA MACADAMIA**

### **2.2.1 Propagación de la planta**

Se usan métodos combinados (sexual y asexual) con el objetivo de usar ciertas variedades como porta injerto y otra variedad como injerto o sujeto, que sean resistentes a enfermedades y al acame, alta producción y calidad de fruto. En todo caso se usa la semilla como óvulo fecundado y maduro, y yemas o púas para desarrollar el injerto. La combinación ha dado los mejores resultados en lo que respecta a producción y en cuanto a precocidad (Chum, 2011).

- **Sistema sexual**

Las plantas con semillas, gimnospermas como angiospermas, tienen un ciclo de vida menos vulnerable a las condiciones del medio ambiente. Dos situaciones son cruciales en este ciclo de vida: la producción de polen y la fecundación. Los insectos, el viento y otros mecanismos son los responsables de la polinización cruzada (IARNA, 1995).

La nuez de macadamia es monoica, tiene flores masculinas y femeninas en las mismas plantas, pero su porcentaje de fecundación es bajo; para mejorar su polinización se usan apiarios de abejas melíferas y con ello se obtienen mejores resultados en la producción de semillas. Las semillas de mejor calidad de cierta variedad o especie se usan para patrones, de ahí que la variabilidad genética no se pueda controlar; sin embargo, sirve para reproducir rápidamente y en abundancia los patrones, resistentes a enfermedades de las raíces y del tallo, al igual que resistencia al ataque de ciertos insectos en el suelo (Chum, 2011).

- **Sistema asexual**

El sistema asexual consiste en tomar parte del tallo de una planta joven o adulta, con grosor de aproximadamente 1.25 cm y largo de 30 cm, propagándola por estacas. Para desarrollar esta técnica se requiere un sistema adecuado de enraizamiento, en muchos casos se usan hormonas para acelerar la emisión de raíces. Hay una ventaja genética con este sistema y es el que la progenie es exactamente igual a sus progenitores, conservan la característica genética de generación en generación (IARNA, 1995).

La obtención de yemas o púas de plantas altamente productoras es el método asexual que se usa en la producción de la nuez de macadamia, injertándola en patrones que provienen de la reproducción sexual (IARNA, 1995).

### **2.2.2 Semillero**

Según Cabrera (2010), luego de hacer la recolección de la semilla y previo a hacer el semillero, hay que efectuar la prueba de flotación en agua, con el objetivo de obtener un porcentaje más alto de germinación. Con esta práctica, se selecciona semilla con mayor pureza, ya que se elimina la semilla dañada y la nuez vana, la cual flota. La práctica consiste simplemente en sumergir las semillas en un recipiente con agua. La semilla de calidad pasa por un proceso de escarificación, que consiste en mantenerla sumergida en agua con sal durante 60 a 72 horas (2.5 a 3 días) y luego pasarla a un lugar ventilado y soleado durante 48 horas (2 días). Con esto la semilla se hidrata por proceso de ósmosis y se suaviza la concha que protege la semilla, de tal modo que la concha raja.

Una vez la nuez esté rajada, las semillas se siembran en el semillero, el cual debe tener una mezcla de tierra y arena en una relación de 1:1, para favorecer el desarrollo radicular y facilitar el arranque de la plántula. El objetivo del semillero es preparar la semilla que realmente se encuentra en condiciones para pasarla definitivamente a bolsa, ya que en este período también se eliminan plántulas con raíz deformada o con pobre crecimiento.

### **2.2.3 Desinfección del sustrato**

Simultáneamente a la preparación de los tablonces es necesario hacer una mezcla con químicos residuales para eliminar larvas como la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y hongos que puedan retrasar el crecimiento o en el peor de los casos matar el porta injerto. Químicos para desinfección: aplicación insecticida como terbufos (Counter) y un fungicida en solución, por ejemplo Trichloromethylthiadizolthiofanato (Banrot) (IARNA, 1995).

#### **2.2.4 Proceso de siembra de la semilla**

Una vez seleccionada y clasificada la semilla, preparados y desinfectados los tablones, se realiza la siembra, para lo que deben tomarse en cuenta dos aspectos (Veliz, 2011):

- ✓ Posición.
- ✓ Distancia.

a. Posición correcta de la semilla: colocar la línea sutural hacia abajo, de modo que con esta posición, la plúmula y radícula no emerjan con vuelta (cola de coche).

b. El distanciamiento entre hileras o filas es de 10 cm y entre semilla de dos cm. La forma de siembra es a lo ancho del tablón. Aproximadamente caben de 250 a 300 semillas grandes por metro cuadrado.

La profundidad de siembra de la semilla es de 2.5 cm. Para su germinación es importante controlar la humedad, que no sea excesiva, ni escasa. Una forma de mantener adecuada cantidad de agua en el suelo, sobre todo si se construyen los semilleros en verano, es la utilización de sacos de brin, hojas o zacate. Las semillas germinan aproximadamente a los 20 días de sembradas. Un buen porcentaje de germinación es de 70 al 80 %, la semilla de macadamia nunca germina en forma homogénea. Las plántulas estarán listas para el trasplante cuando tengan de 10 a 15 cm de altura (Veliz, 2011).

#### **2.2.5 Vivero del porta injerto**

El porta injerto debe tener de 10 a 15 cm de altura y con las primeras dos a cuatro hojas formadas, se procede a trasplantar; se siembran las plántulas en bolsas de polietileno negro de 12 cm \*20 cm \*10 mm para un buen desarrollo de la misma, rellenas con tierra fértil y materia orgánica en una relación de 2:1. Se colocan en hileras simples, con 0.8 m entre calles y 0.5 m entre bolsas. Enterrar aproximadamente 10 cm las bolsas para evitar caída de las plantas por lluvia,

viento o manejo de la misma. Todo esto para facilitar el proceso de injertación (Chum, 2011).

Al momento de arrancar las plantas de los tablonos, se debe hacer palanca para que la planta se pueda extraer fácilmente sin dañarle las raicillas. El trasplante a bolsa debe hacerse de forma que la raíz quede en forma longitudinal a la bolsa, sin torceduras, para evitar la mala formación de la misma (Soria, 2009).

Según Chum (2011), dos meses después del trasplante se debe fertilizar con 1.8 g/planta de la fórmula 12-61-00 y 8-32-6, aplicación que se repite un mes después; posteriormente se aplicarán 3 g/planta de la fórmula 20-7-12-3-2 o de alguna fórmula similar, cada dos meses hasta el trasplante a campo definitivo y se complementará con micro nutrientes en forma de fertilizante foliar. Las plantas deben ser regadas periódicamente, ya que son muy sensibles a la falta de agua, también se deben realizar podas al eliminar los brotes axilares, con el fin de obtener un solo tallo para la injertación. Si se presentan plagas deben controlarse oportunamente. En el vivero pasan aproximadamente de ocho a 10 meses, que es el tiempo en el cual logran alcanzar las condiciones adecuadas para la injertación.

#### **2.2.6 Variedades a injertar**

En la actualidad la variedad que más se recomienda como porta injerto es la variedad Keaau Haes 660, por tener un sistema radicular más profundo, concha delgada, alto porcentaje de germinación y resistencia a plagas y enfermedades (Granados, 2008).

Como injerto o sujeto se utilizan variedades como Ikaika 333 por su precocidad, alto rendimiento de nuez húmeda en concha, copa bien formada y densa, que tengan mínimo cinco años de producción, provenientes de árboles altamente productivos y que las varetas sean procedentes de árboles sanos, vigorosos y fuertes (Chum, 2011)

### 2.2.7 Selección y preparación del material a injertar

Características del material a injertar se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características del material a injertar

| CARACTERISTICAS                               | DESCRIPCIÓN  |
|---|--|
| Edad del árbol para reproducirlo asexualmente | De seis a 10 años de edad  |
| Sanidad del árbol                             | Libre de plagas (follaje, tallo y raíces)  |
| Producción del árbol                          | Buen productor y precoz  |
| Estado nutricional del árbol                  | Seleccionar aquellos sin deficiencias nutricionales de micro y macro nutrientes                                |
| Grosor de la púa                              | Relación de diámetros; púa de un centímetro de diámetro, el porta injerto debe tener un centímetro de diámetro |
| Verticilos por púa                            | Uno o dos verticilos por púa ha dado mejores resultados  |
| Periodo de corte                              | 45 días después del anillado   |

(Granados, 2008).

### 2.2.8 Técnica del injerto

El porta injerto con un grosor adecuado con una altura de 20 – 30 cm del suelo, se le hace un corte longitudinal de unos tres a cinco centímetros de largo, el cual debe penetrar ligeramente en la parte leñosa del tallo; se toma una púa que sea levemente menos gruesa que el punto donde se hizo el corte en el porta injerto y

se le hace en la parte inferior un corte en cuña, de una longitud similar a la del corte hecho en el porta injerto. Luego se coloca la púa en el porta injerto, de manera que el corte de su extremo inferior coincida con el del porta injerto, teniendo cuidado de que los lados del tejido (del cambium de la púa) coincidan con el del porta injerto. Para evitar la entrada de aire y humedad se venda con cinta plástica blanca de 1.25 cm de ancho y 0.0042 cm de grueso, cubriendo con parafina y cera. Uno o dos meses posteriores a la injertación se hace saneamiento, que consiste en la eliminación de tocones en el porta injerto y en la púa, o sea la eliminación de material seco, ya que cuanto mayor sea el tiempo, mayor será el área desecada. Además, se debe eliminar la cinta, ya que puede provocar estrangulamiento, malformación y pérdida del material (Granados, 2008).

Según Chum (2011), el injerto se debe realizar cuando el porta injerto tenga un diámetro de un centímetro y la altura donde se obtiene mayor prendimiento es de 35 cm.

### **2.2.9 Poda de formación**

La mayoría de las veces esta práctica se hace cuando el árbol está en el sitio definitivo, sin embargo, lo aconsejable es iniciarla en el vivero. Esto se debe a que se controla mejor el estrés que pueda afectar al material, hay más eficiencia en tiempo y control de la actividad. Al iniciar el trabajo se debe definir claramente un eje central, que sea perpendicular al suelo, que sobre el mismo se establezcan ramas secundarias en ángulos abiertos. En algunas variedades o clones la poda es más fácil que en otras, ya que presentan una menor formación natural (Ixcoy, 2011).

## **2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE MACADAMIA EN CAMPO DEFINITIVO**

### **2.3.1 Temperatura**

La temperatura es uno de los factores importantes en el crecimiento, floración, producción y calidad de nuez. Los rangos de temperatura van de 14 a 28 °C (Zometa, 2006).

### **2.3.2 Altitud y luminosidad**

Las regiones propicias para el cultivo de la macadamia en Guatemala están comprendidas entre los 500 y 1,500 msnm, siempre que no existan otras condiciones adversas que impidan su desarrollo, como por ejemplo: una excesiva nubosidad que favorezca el desarrollo de hongos y líquenes sobre la parte aérea del árbol (Zometa, 2006).

### **2.3.3 Precipitación pluvial y humedad relativa**

La macadamia se adapta a regiones entre 1,000 y 4,000 mm de lluvia bien distribuidos durante todo el año, en caso de contar con más de 2 meses de sequía se recomienda suministrar el agua a través de un sistema de riego (Zometa, 2006).

### **2.3.4 Suelos**

La macadamia requiere suelos porosos, bajos en fósforo, adaptándose a suelos salinos o calcáreos, con un buen contenido de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico deseada es de 1-15 meq /100 gramos de suelo y un pH de 5.0 a 5.5, aunque puede adaptarse a un pH de 4.5 a 6.5. Los efectos adversos de una alta salinidad se notan en el campo, los síntomas observados son: Clorosis del follaje, áreas necróticas, semillas inmaduras hasta en un 12%, lo que es significativamente antieconómico. El sistema radicular de la macadamia es muy superficial, la mayor proporción de raíces está en los primeros 0.75 m del suelo, por lo que los suelos deben ser fértiles, sueltos, profundos, bien drenados y sin

capas impermeables que impidan el crecimiento normal de la raíz. La pendiente del terreno debe ser inferior al 30% (Zometa, 2006).

## 2.4 VALOR NUTRICIONAL DE LA NUEZ DE MACADAMIA

Además de lo importante que es determinar el tipo de fruto que se obtiene de esta especie, es necesario destacar sus características organolépticas y la calidad nutritiva que ésta presenta para el consumo humano, ya que posee un alto contenido de aceites (78%), de bajo nivel de ácidos grasos insaturados (IARNA, 1995). Un detalle de su valor nutricional se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Valor nutricional de la nuez de macadamia

| <b>COMPONENTE</b>         | <b>CONTENIDO 100 / g</b> |
|---------------------------|--------------------------|
| Agua (%)                  | 3                        |
| Proteína (g)              | 7.8                      |
| Carbohidratos totales (g) | 15.9                     |
| Ceniza (g)                | 1.7                      |
| Fósforo (mg)              | 161                      |
| Potasio (mg)              | 264                      |
| Calorías                  | 691                      |
| Grasa(g)                  | 71.6                     |
| Fibra(g)                  | 2.5                      |
| Calcio(g)                 | 48                       |
| Hierro(g)                 | 2                        |

(Granados, 2008)

## 2.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA MACADAMIA

En Guatemala la mayor parte de los cultivos de nuez de macadamia se localizan en la boca costa de la vertiente del pacífico y en la zona central, sin embargo, por el alto valor de la tierra en estas áreas, se ha desarrollado exitosamente en el norte, nororiente, sur occidente y sur oriente del país (Chum, 2011).

## **2.6 REQUERIMIENTOS DEL MERCADO DE LA MACADAMIA**

Las almendras de macadamia para su venta en el mercado local son tostadas y empacadas en fundas de 100 g, en un material que no permita la entrada de humedad hacia el interior y son puestas en pequeñas cajas de cartón para su presentación final al consumidor. Para el mercado externo las almendras son rociadas con un gas protector (nitrógeno) que permite eliminar el oxígeno que rodea a la nuez y evitar que el contenido se vuelva rancio, luego son envasadas al vacío en fundas de aluminio, empacadas en cajas de cartón con dimensiones de 355 mm de largo x 240 mm de ancho x 260 mm de alto, con un peso neto de nueces de 11.34 kg (25 libras) por cada caja (Chum, 2011).

En este tipo de envase se puede guardar la nuez hasta por un año sin ningún problema. También se pueden empacar las nueces en grandes barriles de plástico, el empaque depende del mercado al cual va dirigido el producto. Las almendras de macadamia se empacan en el país en pequeñas unidades destinadas al consumidor final, su envase deberá cumplir las siguientes funciones: Proteger el producto contra pérdida de aroma, evitar que el producto tenga entrada de aire y humedad. Para poder publicitar la información específica del producto se podrían utilizar los siguientes materiales de envase: latas de aluminio, frascos de vidrio y cajas de cartón (Chum, 2011).

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente empresas agrícolas de Guatemala se han interesado en el cultivo de la nuez de macadamia, por ser un cultivo que aunque tarda aproximadamente 6 años en iniciar su producción, es un cultivo rentable aportando 22.46 % al PIB nacional y también se está tomando como una alternativa para la diversificación de cultivos, principalmente en áreas cafetaleras como la boca costa del pacifico, Chimaltenango y Antigua Guatemala, ya que se adapta muy bien a estas zonas, y por los problemas de plagas y precios que está afrontando el café actualmente.

Como ya se ha mencionado, la práctica del injerto en macadamia mejora considerablemente la planta en aspectos como precocidad y calidad del fruto. Actualmente no se dispone de suficiente soporte tecnológico y científico del momento apropiado para injertar macadamia, ya que no se ha realizado un estudio que pueda determinar el pegue que se obtiene al reducir la edad del porta injerto.

#### **3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Actualmente no se cuenta con información actualizada relacionada con el efecto que pueda ocasionar la reducción del tiempo de la planta de macadamia en vivero, por lo que fue necesario hacer la presente investigación para determinar el porcentaje de prendimiento que se obtiene al hacer el injerto a diferentes edades del porta injerto, con ello se lograría tener un vivero de menor tiempo, rentable y práctico en el manejo. Para ello se propuso determinar el pegue que se obtiene al hacer el injerto cuando el porta injerto tiene una edad de 4, 8y 12 meses.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Determinar el porcentaje de prendimiento que se obtiene al injertar sobre porta injerto de macadamia de cuatro, ocho y doce meses de edad.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

Determinar el porcentaje de prendimiento a diferentes edades del porta injerto.

Determinar el tiempo necesario para que este lista (vivero a campo), cuando el injerto se realiza sobre un porta injerto de cuatro, ocho y doce meses de edad.

Determinar la relación beneficio - costo que se obtiene con el injerto, cuando el porta injerto tiene cuatro, ocho y doce meses de edad.

Cuantificar, a los 6 meses posteriores al injerto, la altura, coronas y grosor del tallo en plantas de macadamia injertadas a los cuatro, ocho y doce meses de edad del porta injerto.

## **V. HIPÓTESIS**

Se obtendrá mayor porcentaje de pegue en la edad de cuatro meses del porta injerto.

El tiempo necesario para la planta de macadamia en vivero será menor al injertar sobre porta injerto de menor edad.

La relación beneficio – costo aumentará al injertar sobre porta injerto de menor edad.

El crecimiento de las plantas de macadamia injertadas será mayor en un periodo de seis meses, cuando el injerto se haga sobre porta injerto de menor edad.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO**

La evaluación se llevó a cabo en el vivero ASPA, ubicado en la aldea Palmarcito, en el municipio de San Felipe, Retalhuleu. Este se encuentra a una latitud norte 14° 37' 51.65" y una longitud oeste 91° 35' 41.27", ubicada a una altura de 700 msnm. La aldea Palmarcito se encuentra en el kilómetro 184 de la carretera que va de San Felipe Retalhuleu hacia Quetzaltenango (Google earth, 2013).

Según Cabrera (2010), en el Palmar, Quetzaltenango la temperatura mínima anual es de 17.5°C y la máxima de 27°C para una media anual de 22°C. Con una precipitación pluvial anual de 4,600 mm, distribuidos en los meses de mayo a noviembre, manteniéndose una humedad relativa media anual de 70%.

### **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

Las plantas de macadamia que se utilizaron como porta injerto para la elaboración del proyecto fueron de la variedad Kau344, por tener un sistema radicular profundo y una copa robusta. Como sujeto o injerto se utilizó la variedad Ikaika 333, por su alto rendimiento de nuez en concha.

### **6.3 FACTOR ESTUDIADO**

Se estudió un solo factor: prendimiento del injerto en un porta injerto de cuatro, ocho y doce(testigo) meses de edad.

## 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos se describen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos a evaluar en macadamia

---

| TRATAMIENTO | EDAD DEL PORTA INJERTO (MESES) |
|-------------|--------------------------------|
| 1           | 4                              |
| 2           | 8                              |
| 3           | 12 (testigo)                   |

---

Elaboración propia

## 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación del pegue que se obtiene al injertar el porta injerto a los cuatro, ocho y doce meses, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y ocho repeticiones.

## 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_i = \mu + \tau_i + E_i$$

Dónde:

$Y_i$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del  $i$  – ésimo tratamiento

$E_i$  = Error aleatorio

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental consto de 100 plantas, se utilizaron 24 unidades experimentales, en total se utilizaron 2,400 plantas.

## 6.8 CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en el cuadro 6.

|    |    |    |
|----|----|----|
| T1 | T2 | T3 |
| T1 | T3 | T2 |
| T3 | T1 | T2 |
| T1 | T2 | T3 |
| T2 | T3 | T1 |
| T3 | T1 | T2 |
| T1 | T3 | T2 |
| T1 | T2 | T3 |

Cuadro 6. Aleatorización de los tratamientos en campo

## 6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

La investigación se llevó a cabo en el vivero ASPA. Se comenzó el ordenamiento de las plantas en el 19 de noviembre del 2013, para injertar el 8 de Diciembre del 2013.

### **6.9.1 Porta injerto**

La semilla para el porta injerto se obtuvo de plantaciones ya establecidas, la semilla se seleccionó de plantas que presentaron mejores características, siendo estas: sanas, vigorosas, productivas y que sean de la variedad kau 344. Esta semilla pasó por un proceso de germinación en semillero. Las plantas de 12 meses se sembraron en el mes de diciembre del 2012, las plantas de 8 meses se sembraron en el mes de abril del 2013, las plantas de 4 meses se sembraron en el mes de agosto del 2013 y luego de germinadas, se hizo una selección por vigor, para luego pasarla a bolsa de polietileno de 12cm \*20cm\* 10mm y esperar ser injertadas.

### **6.9.2 Selección de las varetas**

La selección de las varetas se realizó en el mes de noviembre 2013, se seleccionaron las ramas que presentaron mejores características en forma, grosor, tamaño, sanidad, cantidad de producción.

### **6.9.3 Tipo de injerto**

El tipo de injerto que se utilizó para esta investigación fue el de púa terminal.

## **6.10 VARIABLES DE RESPUESTA**

La efectividad de los tratamientos se observó y midió cuantificando las siguientes variables respuesta:

- Tiempo que transcurrió en días al apareamiento de los primeros brotes: luego se midió diámetro y longitud de los brotes que estaban en la vareta no en el porta injerto.

- Promedio de brotes por planta: se cuantificó la totalidad de los brotes y luego se calculó el promedio por planta.
- Tiempo en meses que llevaron los tratamientos para estar listos a campo definitivo. Esto lo indicó el apareamiento de la 2da. canasta. Se tomó nota del día del injerto y para el cálculo del tiempo se utilizó un calendario.
- Porcentaje de prendimiento que se obtuvo por edad del porta injerto. Los brotes en crecimiento, se cuantificaron los 20 días después del injerto, se cuantificaron los que pegaron y los que no, luego se hizo el cálculo del porcentaje de pegue.
- Costo del tratamiento. Se determinó el costo con base en los rendimientos del injertador y al manejo que se le dio a cada tratamiento hasta salir a campo.

## **6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.11.1 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico, se realizó el análisis de varianza para comprobar si existía o no diferencia significativa entre los tratamientos, posteriormente se realizó la prueba medias Tukey.

### **6.11.2 Análisis económico**

Se determinó la relación beneficio - costo que se obtuvo al injertar un porta injerto de menor edad.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

La evaluación del prendimiento de injertos realizados en patrones de tres edades en macadamia, se midió y cuantifico a los 20 días después de injertado el porta injerto, y una última lectura a los 45 días después de brotado el injerto. Tomando en cuenta que los brotes que surgen después de este periodo eran brotes sin vigor, débiles y no eran precoces (Granados, E. 2008).

### 7.1 TIEMPO QUE TRANSCURRIÓ EN DÍAS AL APARECIMIENTO DE LOS PRIMEROS BROTES

Los brotes iniciaron a los 20 días después de realizado el injerto, la obtención de datos inicio 20 días después del injerto, aprovechando los brotes precoces y vigorosos. La medición de altura y diámetro se realizó una vez al mes, para tener como referencia el crecimiento y tener la certeza que el injerto estaba prendido totalmente ya que estuvo creciendo constantemente. Las lecturas se realizaron el 1 de marzo, 4 de abril, 4 de mayo y 15 de junio del 2014.

Cuadro 7. Altura y diámetro del brote en el mes de marzo

---

TOMA DE DATOS 01/03/2014

| TRATAMIENTO | ALTURA (cm) | DIAMETRO (mm) |
|-------------|-------------|---------------|
| T1          | 4           | 2             |
| T2          | 8           | 2             |
| T3          | 9           | 2             |

---

En el cuadro 7 se muestran los promedios que obtuvieron las plantas por tratamiento en el mes de marzo del 2014.

Cuadro 8. Altura y diámetro del brote promedio en el mes de abril

---

| TOMA DE DATOS 04/04/2014 |             |               |
|--------------------------|-------------|---------------|
|                          | ALTURA (cm) | DIAMETRO (mm) |
| T1                       | 7           | 3             |
| T2                       | 14          | 4             |
| T3                       | 19          | 4             |

---

En el cuadro 8 se muestran los promedios que obtuvieron las plantas por tratamiento en el mes de abril del 2014.

Cuadro 9. Altura y diámetro del brote promedio en el mes de mayo

---

| TOMA DE DATOS 04/05/2014 |             |               |
|--------------------------|-------------|---------------|
|                          | ALTURA (cm) | DIAMETRO (mm) |
| T1                       | 9           | 3             |
| T2                       | 22          | 5             |
| T3                       | 27          | 5             |

---

En el cuadro 9 se muestran los promedios que obtuvieron las plantas por tratamiento en el mes de mayo del 2014.

Cuadro 10. Altura y diámetro del brote promedio en el mes de junio

---

TOMA DE DATOS 15/06/2014

|    | ALTURA (cm) | DIAMETRO (mm) |
|----|-------------|---------------|
| T1 | 12          | 4             |
| T2 | 22          | 5             |
| T3 | 35          | 6             |

---

En el cuadro 10 se muestran los promedios que obtuvieron las plantas por tratamiento en el mes de junio del 2014.

## 7.2 NÚMERO DE BROTES DEL PORTA INJERTO EN LOS TRATAMIENTOS

Como ya se hizo referencia en el inciso 7.1, los brotes iniciaron a los 20 días después de realizado el injerto, los datos se tomaron a los 20 y 45 días después de brotado el injerto, esto para determinar el prendimiento de los injertos realizados a tres edades del porta injerto.

Cuadro 11. Promedio de brotes por tratamientos y días

---

| Tratamientos | 20 Días | 45 Días |
|--------------|---------|---------|
| T1           | 2       | 2       |
| T2           | 3       | 3       |
| T3 (Testigo) | 3       | 3       |

---

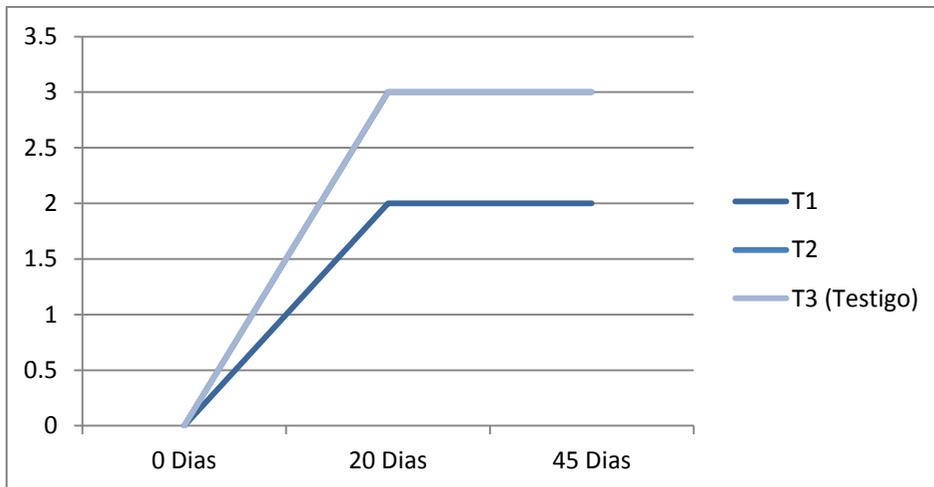


Figura 1. Brotes por tratamiento y días transcurridos

La figura 1 muestra el comportamiento que tuvieron los brotes por tratamiento a medida que iban pasando los 45 días que se tomaron como margen. Se observó que el tratamiento 2 (8 meses) y el tratamiento 3 (12 meses), tuvieron resultados similares, posiblemente se deba que las varetas del tratamiento 2 y 3 es tejido ya lignificado por lo que el manejo agronómico de la planta ya injertada no debe ser muy cuidadoso a comparación de un injerto con tejido no lignificado.

Después de los 45 días de realizado el injerto que se tomó como margen para la toma de datos en cuanto a números de brotes respecta, los tratamientos quedaron a la espera de hacer una lectura final de los días que toman estar listos los tratamientos para salir a campo.

Los datos obtenidos a los 45 días después de injertados los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza para determinar si existía diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el número de brotes por tratamientos

| F.V.         | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft (1% - 5%) |
|--------------|------|------|------|----|--------------|
| Tratamientos | 2    | 3.24 | 1.62 | 9  | 5.78 - 3.47  |
| Error        | 21   | 3.91 | 0.18 |    |              |
| Total        | 23   | 7.15 |      |    |              |

C.V.= 15.15 %

En el cuadro 12 se presenta el análisis de varianza para el número de brotes por tratamiento, acá se demuestra la existencia de diferencias significativas para el número de brotes de los tratamientos, siendo la  $F_c > F_t$  ( $9 > 5.78$ ), por lo que se realizó prueba de medias según Tukey.

Cuadro 13. Prueba de medias según Tukey para el número de brotes a los 45 días de injertado

| Tratamientos | T3   | T2   | T1   |
|--------------|------|------|------|
| T1 2.31      | 3.2  | 2.9  | 2.31 |
| T2 2.9       | 0.89 | 0.59 | -    |
| T3 3.2       | 0.3  | -    |      |

WP= 0.54

Cuadro 14. Asignación de literales a las medias de los tratamientos

| Tratamiento | Media | Literal |
|-------------|-------|---------|
| 3           | 3.2   | A       |
| 2           | 2.9   | AB      |
| 1           | 2.31  | C       |

En el cuadro 13 se muestra la prueba de tukey a un nivel de significancia del 1%, en el cual se determina que estadísticamente los tratamientos 2 y 3 son iguales y el tratamiento 1 (4 meses) es inferior a los anteriores. Diferencia que se obtuvo a través del comparador WP= 0.54

En el cuadro 14 se muestra la asignación de las literales a las medias de los tratamientos, en el cual se demuestra que los tratamientos 2 (8 meses) y 3 (12 meses, testigo) fueron iguales y el tratamiento 1 (4 meses) fue distinto a los demás, como parte del análisis de la información previamente establecida en la metodología del presente estudio, se realizó un análisis económico de la relación beneficio - costo que hubo entre los tratamientos 2 y 3.

### **7.3 TIEMPO EN MESES QUE LLEVARON LOS TRATAMIENTOS PARA ESTAR LISTOS A CAMPO**

El tiempo que tomaron los tratamientos para estar listos a campo lo indico el aparecimiento de la segunda corona en el eje ya en formación. El injerto se realizó en el mes de diciembre del 2013, concluyo el ensayo en el mes de junio del 2014, con un total de siete meses o 189 días desde el injerto hasta laformación de la segunda corona. Una corona es la formación de ramas secundarias en ángulos abiertos, tiene una forma de canasta.

### **7.4 PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO QUE SE OBTUVO POR EDAD DEL PORTA INJERTO**

El porcentaje de pegue de los injertos se evaluó con la aparición del brote, confirmando el prendimiento del brote con la formación de la segunda corona. En el mes de marzo se realizó el deshije, siendo únicamente un brote para iniciar la formación del eje central de lo que será la planta de macadamia, luego de esta práctica se tiene el riesgo que el brote muera, por lo que para hacer el cálculo del porcentaje de pegue que se obtuvo por edad del porta injerto se esperó a la formación de la segunda corona y estar lista para campo definitivo.

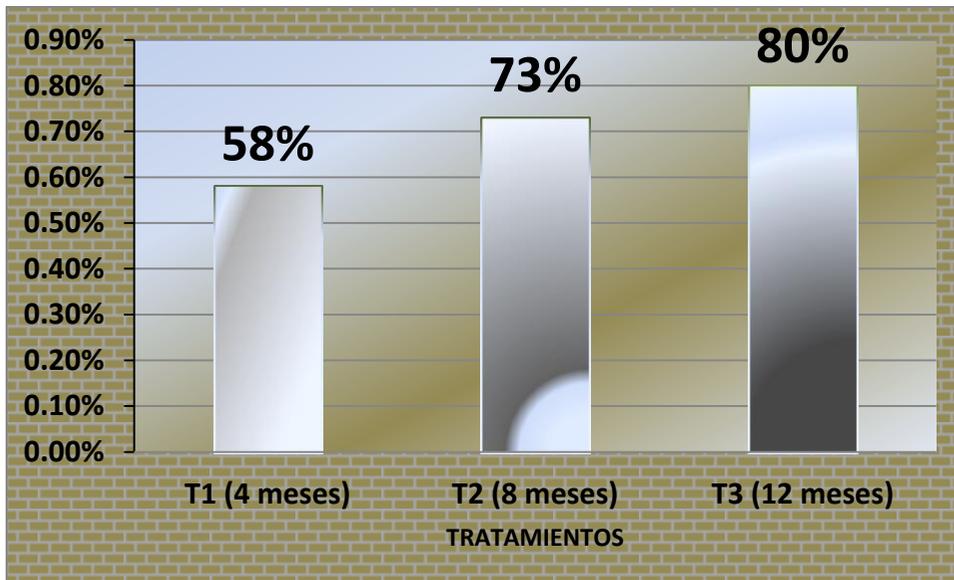


Figura 2. Porcentaje de pegue por edad del porta injerto

La figura 2, muestra el porcentaje de prendimiento que obtuvo cada tratamiento hasta finalizar el ensayo, en el comportamiento del prendimiento se pudo observar que fue en orden ascendente al igual que las edades, por lo que no cabe duda que cada tratamiento necesita un manejo diferente para mejorar el prendimiento, de esta manera se puede observar que el de mejor resultado fue el tratamiento T3 (12 meses, testigo) con un 80% de prendimiento y el de menor prendimiento fue el tratamiento T1 (4 meses), el cual no se debe descartar ni tomarlo como un fracaso total, esto indica que con un mejor manejo agronómico de la planta, se puede llegar a mejorar el porcentaje de prendimiento. En las plantas que no se obtuvo prendimiento pudo haber sido un injerto mal hecho o un vendaje que no logro unir la vareta con el porta injerto.

## 7.5 COSTO DE LOS TRATAMIENTOS

Los costos de producción se calcularon sobre 100 plantas, cálculo que fue desde la recolección de la semilla en campo, preparación de semilleros, llenado de bolsa, trasplante y manejo agronómico, hasta su comercialización o siembra en campo definitivo. El precio de venta en el mercado fue de Q30.00, dato que fue investigado en la aldea el Palmarcito, San Felipe Retalhuleu.

Cuadro 15. Costos de producción y relación beneficio – costo

| TRATAMIENTO            | COSTOS | % DE PEGUE | Q 30.00/ PLANTA | RELACION B/C | RENTABILIDAD |
|------------------------|--------|------------|-----------------|--------------|--------------|
| T1 (4 MESES)           | Q840   | 58         | Q1,740          | 2.07         | 1.07%        |
| T2 (8 MESES)           | Q1,140 | 73         | Q2,190          | 1.92         | 0.92%        |
| T3 (12 MESES, TESTIGO) | Q1,340 | 80         | Q2,400          | 1.79         | 0.79%        |

Tratamiento 1. Injerto realizado en un patrón de 4 meses, este presento un costo de producción de Q840.00 con un porcentaje de 58 injertos pegados, el precio de venta que se obtuvo del mercado de plantas en la aldea el Palmarcito fue de Q30.00 por planta, dando una relación beneficio – costo de 2.07 a una rentabilidad de 1.07%.

Tratamiento 2. Injerto realizado en un patrón de 8 meses, este presento un costo de producción de Q1,140.00 con un porcentaje de 73 injertos pegados, el precio de venta que se obtuvo del mercado de plantas en la aldea el Palmarcito fue de Q30.00 por planta, dando una relación beneficio – costo de 1.92 a una rentabilidad de 0.92%.

Tratamiento 3. Injerto realizado en un patrón de 12 meses como testigo, este presento un costo de producción de Q1,340.00 con un porcentaje de 80 injertos pegados, el precio de venta que se obtuvo del mercado de plantas en la aldea el

Palmarcito fue de Q30.00 por planta, dando una relación beneficio – costo de 1.79 a una rentabilidad de 0.79%.

## VIII. CONCLUSIONES

El tiempo transcurrido en días al apareamiento de los brotes fue de 20 días, de ahí en adelante se inició la toma de datos, dando un promedio de 1 a 3 brotes por planta.

El promedio de brotes por planta se mantuvo entre los 2 y 3 brotes, estadísticamente existió diferencia significativa entre los tratamientos por lo que se procedió a realizar una prueba de medias según Tukey, demostrando estadísticamente que los tratamientos 2 y 3 eran iguales.

El tiempo en meses que se llevaron los tratamientos para salir a campo o a la venta fue la formación de una segunda corona, lo cual sucedió a los 7 meses o 189 días.

En la comparación de costos fueron totalmente diferente los resultados quedando como primero el T1 con una rentabilidad del 1.07%, seguido por el T2 con una rentabilidad del 0.92% y por último el T3 con una rentabilidad del 0.79%.

A los 6 meses luego de injertadas las plantas se cuantificó altura y diámetro, dando en plantas de cuatro meses una altura de 12 cm y un diámetro de 4 mm, en plantas de ocho meses una altura de 22 cm y un diámetro de 5 mm y en plantas de 12 meses una altura de 34 cm y un diámetro de 6 mm.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Realizar la injertación del porta injerto a los 4 y 8 meses de edad con injertadores que puedan hacer injertos de café, esto para obtener un mejor pegue ya que el injerto a estas edades es tejido tierno por lo que requiere un injerto más exacto.

En la edad de 4 y 8 meses del porta injerto, mejorarle las condiciones en lo que sombra y humedad respecta. Se le puede hacer un techo con hoja de palma o sarán para evitar la luz directa del sol y darle humectación a los brotes con una aplicación de agua pulverizada cada cierto tiempo.

Realizar una evaluación de la altura de la vareta en la que se obtendrá un mejor prendimiento en porta injertos de 4 y 8 meses.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANACAFE. (2004). Cultivo de la nuez de macadamia. Guatemala.

Biblioteca virtual de ciencia y tecnología de la universidad de Costa Rica  
Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_macadamia.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_macadamia.pdf)

Cabrera, C. (2010). Efecto de la aplicación de cinco dosis de un compuesto hidrosoluble de aplicación foliar, a base de calcio y boro, sobre el aborto de frutos de macadamia, (*Macadamia integrifolia*), Proteaceae en el Palmar, Quetzaltenango.

Chum, B. (2011). Efecto de la enjertación a diferente altura del porta injerto sobre el prendimiento y brotación en macadamia (*Macadamia integrifolia*), en finca Santa Emilia, Pochuta, Chimaltenango.

Google earth (2013). Consultado el día 2 de octubre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.google.com/earth/>

Granados, E. (2008). Evaluación de la Efectividad de la tecnología del Cepillo y el injerto Convencional sobre diferentes diámetros de porta injertos a nivel de Vivero. Finca Santa Emilia, Pochuta, Chimaltenango.

Gutiérrez, M. (1995). Cultivo de la Nuez de Macadamia, Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura. Guatemala.

IARNA. (1995). Cultivo de la nuez de Macadamia, Guatemala, editorial. PROFASUR, Universidad Rafael Landívar.

Ixcoy, N. (2011). Efecto de la aplicación de extractos de algas marinas (*alga – anzims*) y materia orgánica sobre el desarrollo del porta injerto de nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia*); proteaceae, en el Palmar Quetzaltenango.

Morán, G. (2008). Evaluación de tres concentraciones de *Trichoderma harzianum* (fungi: moniliales) para el control de botritis (*Botrytis cinérea*; Fungi: Helotiales) en

el cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia*), proteácea en el municipio de Santiago Atitlán, Sololá.

Soria, M. (2009). Propagación vegetativa de la nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia*) en Uruapan Michoacán.

Veliz, G. (2011). Efecto del lombricompost combinado con abonos foliares sobre el desarrollo vegetativo de patrones en almacigo de macadamia (*Macadamia integrifolia*), proteácea San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

Zometa, O. (2006). Validación del control químico, basándose en el principio de manejo integrado de plagas, en las principales plagas insectiles, en el cultivo de nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia*; Mueller F. proteácea) en el Palmar, Quetzaltenango.

## XI. ANEXOS

Cuadro 1. Numero de brotes del injerto

| TRATAMIENTO | LECTURA      | R1  | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 |
|-------------|--------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>T1</b>   | 1ra. Lectura | 55  | 85 | 58 | 61 | 51 | 38 | 43 | 82 |
| <b>T1</b>   | 2da. Lectura | 64  | 69 | 42 | 53 | 59 | 53 | 53 | 59 |
| <b>T2</b>   | 1ra. Lectura | 80  | 71 | 82 | 76 | 52 | 43 | 71 | 81 |
| <b>T2</b>   | 2da. Lectura | 85  | 91 | 87 | 68 | 59 | 65 | 74 | 76 |
| <b>T3</b>   | 1ra. Lectura | 72  | 81 | 73 | 70 | 67 | 71 | 87 | 95 |
| <b>T3</b>   | 2da. Lectura | 111 | 88 | 80 | 70 | 79 | 64 | 94 | 76 |

En el cuadro1, se muestran los resultados obtenidos en cuanto a número de brotes por tratamiento y repetición respecta.

Cuadro 2. Datos para el análisis de varianza

| Tratamientos | R1   | R2   | R3   | R4   | R5   | R6   | R7   | R8   | TOTAL Yi | MEDIA Yi |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|----------|
| T1           | 2.38 | 3.08 | 2    | 2.28 | 2.2  | 1.82 | 1.92 | 2.82 | 18.5     | 2.31     |
| T2           | 3.3  | 3.24 | 3.38 | 2.88 | 2.22 | 2.16 | 2.9  | 3.14 | 23.22    | 2.90     |
| T3           | 3.66 | 3.38 | 3.06 | 2.8  | 2.92 | 2.7  | 3.62 | 3.42 | 25.56    | 3.20     |

En el cuadro 2, se muestran los datos obtenidos por del número de brotes del injerto, de los cuales se trabajó el análisis de varianza.

Cuadro 3. Comparación de medias según Tukey

| Tratamientos | T3 3.2 | T2 2.9 | T1 2.31 |
|--------------|--------|--------|---------|
| T1 2.31      | 0.89   | 0.59   | -       |
| T2 2.9       | 0.3    | -      |         |
| T3 3.2       | -      |        |         |

En el Cuadro 3, se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento del injerto utilizando la prueba de medias según Tukey, por existir diferencia significativa entre los tratamientos.

#### Cuadro 4. Promedio del porcentaje de prendimiento

| tratamientos  | %     |
|---------------|-------|
| T1 (4 meses)  | 0.58% |
| T2 (8 meses)  | 0.73% |
| T3 (12 meses) | 0.80% |

En el cuadro 4, se muestra el promedio de los porcentajes obtenidos del cuadro 1.

#### Cuadro 5. Relación beneficio – costos del tratamiento 1 (4 meses)

| TRATAMIENTO 1           |        |
|-------------------------|--------|
| ACTIVIDAD               | Q      |
| injerto                 | Q150   |
| recolección semilla     | Q125   |
| preparación semillero   | Q50    |
| siembra semilla         | Q50    |
| llenado de bolsa        | Q45    |
| trasplante              | Q45    |
| riego                   | Q300   |
| fertilización           | Q40    |
| control pestes          | Q35    |
| total                   | Q840   |
| % de pegue              | 58     |
| Precio de Q30.00 / plt. | Q1,740 |
| Relación B/C            | 2.07   |

En el cuadro 5, se muestra la relación beneficio – costos del tratamiento 1 (4 meses), es el tratamiento de menor prendimiento y con una rentabilidad de 107 por ciento.

Cuadro 6. Relación beneficio – costos del tratamiento 2 (8 meses)

| TRATAMIENTO 2           |        |
|-------------------------|--------|
| ACTIVIDAD               | Q      |
| injerto                 | 100    |
| recolección semilla     | 125    |
| preparación semillero   | 50     |
| siembra semilla         | 50     |
| llenado de bolsa        | 45     |
| trasplante              | 45     |
| riego                   | 600    |
| fertilización           | 60     |
| control pestes          | 65     |
| total                   | 1140   |
| % de pegue              | 73     |
| Precio de Q30.00 / plt. | Q2,190 |
| Relación B/C            | 1.92   |

En el cuadro 6, se muestra la relación beneficio – costos del tratamiento 2 (8 meses), es el tratamiento que sigue al tratamiento 1 en cuanto a porcentaje de prendimiento y en relación beneficio – costos respecta con una rentabilidad del 92 por ciento.

Cuadro 7. Relación beneficio costo del tratamiento 3 (12 meses)

| TRATAMIENTO 3           |        |
|-------------------------|--------|
| ACTIVIDAD               | Q      |
| injerto                 | 100    |
| recolección semilla     | 125    |
| preparación semillero   | 50     |
| siembra semilla         | 50     |
| llenado de bolsa        | 45     |
| trasplante              | 45     |
| riego                   | 800    |
| fertilización           | 60     |
| control pestes          | 65     |
| total                   | 1340   |
| % de pegue              | 80     |
| Precio de Q30.00 / plt. | Q2,400 |
| Relación B/C            | 1.79   |

En el cuadro 7, se muestra la relación beneficio – costos del tratamiento 3 (12 meses), este tratamiento tiene el mejor porcentaje de prendimiento de los brotes y con la menor relación beneficio – costo, con una rentabilidad del 79 por ciento.

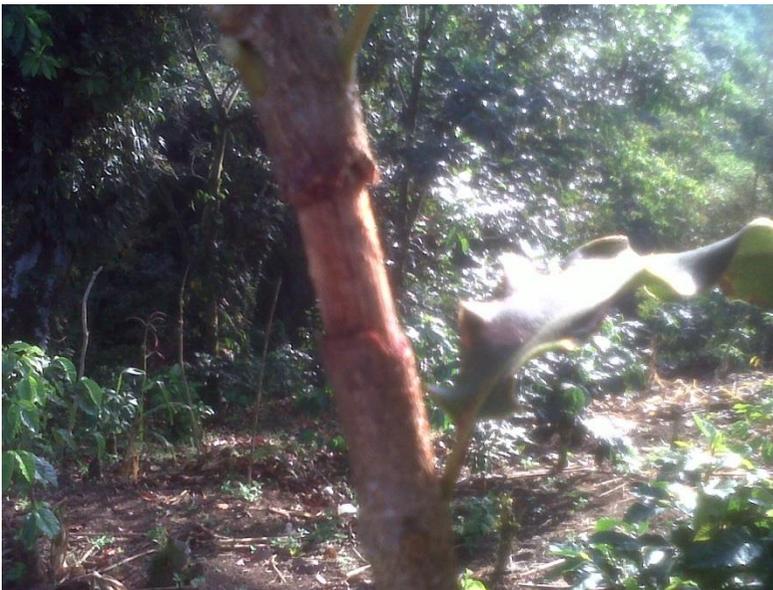
Fotografía 1. Área experimental



Fotografía 2. Púa terminal del injerto



Fotografía 3. Anillado de la vareta.



Fotografía 4. Tratamiento 1 repetición 1, ya injertado.



Fotografía 5. Planta lista para campo definitivo

