

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Evaluación de reguladores de crecimiento en porta injertos (patrones) de *Macadamia integrifolia*, Proteaceae, y distintos porcentajes de sustrato en vivero de finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A., El Palmar, Quetzaltenango.

WILSON ADRIAN XICAY LÓPEZ  
CARNÉ: 201740465  
CUI: 3449 06949 1012  
CORREO: [xicay120@gmail.com](mailto:xicay120@gmail.com)

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



### **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Evaluación de reguladores de crecimiento en porta injertos (patrones) de *Macadamia integrifolia*, Proteaceae, y distintos porcentajes de sustrato en vivero de finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A., El Palmar, Quetzaltenango.

WILSON ADRIAN XICAY LÓPEZ

CARNÉ: 201740465

M.Sc. ERICK ALEXANDER ESPAÑA MIRANDA

SUPERVISOR - ASESOR

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis Rector

Lic. Luis Fernando Cerdón Lucero Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López Director en Funciones

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

M. Sc. Edgar Roberto del Cid Chacón Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle  
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

### **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos  
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Por concederme la salud, serenidad, paciencia y determinación para poder culminar cada una de las etapas de la formación profesional durante la trayectoria universitaria.

### **A mi padre:**

Pantaleón Xicay López, por ser el pilar de apoyo emocional, económico y consejero en cada una de las etapas realizadas en mi vida en general y universitaria.

### **A mi madre:**

Paula López Solval de Xicay, por ser también el pilar de apoyo emocional, económico y ser consejera en cada una de las etapas de mi vida en general y sobre todo en cada una de las etapas universitarias desarrolladas.

### **A mi hermana y hermano:**

Karla Fabiola y Jimmy Omar por mostrar apoyo emocional en cada uno de los procesos llevados en mi formación profesional.

### **A mi bisabuelo y abuelos:**

Pantaleón Xicay (Q.E.P.D.), Maximiliano Xicay (Q.E.P.D.), Cornelia López (Q.E.P.D.) y Albina López (Q.E.P.D), por bendecirme en el trayecto de mi vida general y sobre todo confiar en mi desarrollo profesional.

### **A mis primos y tíos:**

Por dar palabras de aliento y felicitaciones para el desarrollo de mi vida personal y mi vida de formación profesional.

### **A mis amigos:**

Carlos Sotto, Isaac Lix, Rodrigo Iztep, Estuardo Morales, Adonias López, Aminadab Tello y a José Mazariegos por compartir buenos momentos en cada una de las etapas de la carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Universidad San Carlos de Guatemala (Centro Universitario de Suroccidente) y a la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical:**

Por ser centro y casa de estudios para poder brindarme cada uno de los conocimientos necesarios durante mi formación profesional.

### **A la finca de macadamia San Vicente Patzulín y Anexos S.A.:**

Por brindarme el espacio necesario para poder desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado en el área designada.

### **Al Ing. Agr. Valdemar Martínez y al Sr. Jorge Benavente:**

Por sus consejos y conocimientos hacia mi persona durante la etapa de desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera.

### **A M. Sc. Erick Alexander España Miranda**

Por su apoyo incondicional, orientación, consejos y tiempo durante las supervisiones y revisiones del desarrollo de cada una de las etapas de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	2
III. MARCO TEÓRICO .....	3
1. Marco conceptual.....	3
1.1. Taxonomía del género macadamia .....	3
1.1.1. Familia: Proteaceae.....	3
1.1.2. Género: Macadamia.....	4
1.1.3. Principales variedades .....	4
1.1.4. Requerimientos climáticos y edafológicos .....	6
1.1.4.1. Clima .....	6
1.1.4.2. Suelos .....	6
1.1.4.3. Raíces.....	7
1.1.4.4. Riego .....	7
1.1.4.5. Fertilización.....	7
1.1.4.6. Podas .....	8
1.1.4.7. Control de plagas .....	8
1.1.4.8. Control de enfermedades .....	8
1.1.4.9. Vivero.....	8
1.1.4.10. Sustratos.....	8
1.1.4.11. Injertación.....	9
1.1.5. Enraizadores .....	9
1.1.6. Hormonas vegetales.....	9
1.1.6.1. Citoquininas.....	10

1.1.6.2.	Auxinas .....	11
1.1.7.	Humus líquido de lombrices.....	12
1.1.8.	Aplicación de hormonas y humus de lombrices en patrones de macadamia.....	14
1.1.9.	Utilización de hormonas en la agricultura .....	14
1.2.	Marco Referencial .....	15
1.2.1.	Información general de la finca Patzulín.....	15
1.2.2.	Localización .....	15
1.2.3.	Vías de acceso .....	15
1.2.4.	Ubicación geográfica (GTM) .....	15
1.2.5.	Croquis de ubicación del vivero de la finca.....	16
1.2.6.	Descripción ecológica .....	17
1.2.6.1.	Zona de vida.....	17
1.2.6.2.	Clima.....	17
1.	Temperatura.....	17
2.	Precipitación.....	17
1.2.6.3.	Suelos .....	17
1.	Clasificación.....	17
2.	pH del suelo.....	18
3.	Tipo de estructura .....	18
1.2.7.	Hidrología.....	18
1.2.7.1.	Precipitación pluvial anual mm.....	18
1.2.7.2.	Evapotranspiración .....	18
1.2.7.3.	Principales fuentes de agua.....	19
1.2.8.	Efecto de las auxinas sobre el enraizamiento de estacas .....	19

1.2.9.	Uso de citoquininas de síntesis vía riego para mejorar el desarrollo radical en Uva .....	19
1.2.10.	Uso de humus líquido de lombrices (lixiviado) .....	20
1.2.11.	Citoquinina (MAPCYKIN 10 SP) .....	21
1.2.12.	Auxinas (IBA 98 SP).....	23
1.2.13.	Injertos en plantas de macadamia .....	24
IV.	OBJETIVOS.....	29
1.	General.....	29
2.	Específicos.....	29
V.	HIPÓTESIS .....	30
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
1.	Materiales .....	31
1.1.	Material biológico.....	31
1.2.	Material de campo .....	31
1.3.	Material de gabinete .....	31
2.	Metodología.....	32
2.1.	Para evaluar el objetivo específico 1 .....	32
2.2.	Referente a categorizar el impacto que se tiene en el crecimiento longitudinal y el grosor del tallo de las plantas en cuanto a la aplicación de reguladores de crecimientos en combinación de diferentes proporciones de sustrato en cada uno de los tratamientos considerados.....	32
2.2.1.	Descripción del trabajo .....	32
2.2.2.	Variables .....	32
2.2.3.	Modo de análisis de la información.....	32
2.2.3.1.	Modelo estadístico (Diseño experimental).....	32

2.2.4.	Combinaciones de tratamientos .....	34
2.2.5.	Aleatorización de los tratamientos.....	35
2.2.6.	Incorporación de enraizadores.....	36
a.	Aplicación de citoquininas (CYTOKIN 10 SP) .....	36
b.	Aplicación de auxinas (IBA 98 SP).....	36
c.	Aplicación de lixiviado (Testigo relativo) .....	37
2.3.	Para evaluar el objetivo específico 2 .....	38
2.4.	Referente a determinar en los tratamientos el mejor volumen de raíces obtenido en la aplicación de reguladores de crecimiento en combinación de diferentes proporciones de sustratos.....	38
2.4.1.	Descripción del trabajo .....	38
2.4.2.	Variable.....	38
2.4.3.	Modo de análisis de la información.....	38
2.5.	Para evaluar el objetivo específico 3 .....	38
2.6.	Referente a estimar el análisis de costos de los tratamientos determinando así el más factible y accesible para la finca, en patrones de plantas de <i>M. integrifolia</i> . .....	38
2.6.1.	Descripción del trabajo .....	38
2.6.2.	Variable.....	39
2.6.3.	Modo de análisis de la información.....	39
VII.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
VIII.	CONCLUSIONES.....	53
IX.	RECOMENDACIONES.....	55
X.	REFERENCIAS.....	56
XI.	ANEXOS .....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
1: Principales variedades de macadamia en Guatemala.....	5
2: Valores mínimos nutricionales para el humus líquido de lombrices.....	13
3: Dosis recomendada para la utilización de IBA 98 SP.....	23
4: Combinaciones de los factores A y B para cada uno de los tratamientos a establecer en el experimento en macadamia en finca Patzulín.....	35
5: Fórmulas para el análisis económico de la evaluación de enraizantes y sustratos en vivero de <i>M. integrifolia</i> , en finca Patzulín.....	40
6: Análisis de varianza en cuanto a la altura (cm), grosor (mm) y volumen (ml) de plantas porta injerto de macadamia de finca Patzulín.....	42
7: Prueba de análisis de Tukey de la altura (cm) comparando la interacción entre la hormona y el sustrato utilizado en vivero de macadamia en finca Patzulín.....	43
8: Análisis de varianza en cuanto al grosor (mm) de plantas porta injerto de macadamia de finca Patzulín.....	44
9: Prueba de análisis de Tukey del grosor (mm) comparando la interacción entre el regulador de crecimiento y el sustrato utilizado en vivero de macadamia en finca Patzulín.....	45
10: Análisis de varianza en cuanto a la altura (cm), grosor (mm) y volumen (ml) de plantas porta injerto de macadamia de finca Patzulín.....	46
11: Prueba de análisis de Tukey de volumen de raíces (ml) comparando las interacciones entre regulador de crecimiento y proporciones de sustratos.....	47
12: Resultados económicos en cuanto al uso de un sustrato 70% arena - 30% suelo junto con lixiviado y auxinas en plantas de macadamia de finca Patzulín.....	51
13: Resultados económicos en cuanto al uso de un sustrato 30% arena - 70% suelo junto con lixiviado y auxinas en plantas de macadamia de finca Patzulín.....	51

14:	Primer levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	67
15:	Promedio de datos del cuadro 12 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero en macadamia de finca Patzulín. ....	68
16:	Segundo levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	69
17:	Promedio de datos del cuadro 14 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	70
18:	Tercer levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	71
19:	Promedio de datos de cuadro 16 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ...	72
20:	Cuarto levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	73
21:	Promedio de datos de cuadro 18 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	74
22:	Quinto levantamiento de datos de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	75
23:	Promedio de datos de cuadro 20 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	76
24:	Sexto levantamiento de datos de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	77
25:	Promedio de datos de cuadro 22 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	78
26:	Séptimo levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	79
27:	Promedio de datos de cuadro 24 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	80
28:	Toma de datos de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1: Croquis del vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	16
2: Croquis de campo de la aleatorización de tratamientos del vivero de macadamia en finca Patzulín. ....	36
3: Informe de análisis de humus de lombriz producido en finca Patzulín. ....	60
4 Siembra de semillas de porta injerto de <i>M. integrifolia</i> de finca Patzulín. ....	61
5: Mezcla de suelo 30% arena y 70% suelo en vivero de finca Patzulín. ....	61
6: Selección y trasplante de plantas de porta injerto de <i>M. integrifolia</i> en finca Patzulín. ....	62
7: Primera aplicación foliar de plantas de porta injerto de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	62
8: Aplicación de hormonas y lixiviado de lombrices en plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	63
9: Segunda aplicación de hormonas a plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	63
10: Segundo mes de después de trasplante de las plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	64
11: Tercera aplicación de hormonas y lixiviado a las plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	64
12: Tercer mes de crecimiento de las plantas de <i>M. integrifolia</i> finca Patzulín. ....	65
13: Cuarto mes de crecimiento de las plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	65
14: Sexto mes de crecimiento de plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	66
15: Noveno mes de crecimiento de plantas de <i>M. integrifolia</i> , finca Patzulín. ....	66
16: Muestra de planta de tratamiento 1 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz en finca Patzulín. ....	82
17: Muestra de planta de tratamiento 2 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	82

18:	Muestra de planta de tratamiento 3 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	83
19:	Muestra de planta de tratamiento 4 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	83
20:	Muestra de planta de tratamiento 5 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	84
21:	Muestra de planta de tratamiento 6 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	84
22:	Muestra de planta de tratamiento 7 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	85
23:	Muestra de planta de tratamiento 8 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	85
24:	Muestra de planta de tratamiento 9 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín. ....	86

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en el vivero ubicado en finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A. situado en el municipio de El Palmar del departamento de Quetzaltenango, Guatemala. Durante la realización del diagnóstico de la situación actual en el período del Ejercicio Profesional Supervisado de la Universidad San Carlos de Guatemala (Xicay, 2022), se observó una reducción en la producción de plantas para las entregas anuales de un 45% por el poco desarrollo del follaje y grosor del tallo.

El problema estuvo centrado en que los patrones obtenidos por semillas; estos patrones no estuvieron disponibles en el tiempo debido a que no alcanzaron la altura y el grosor requerido para el proceso de injerto, generando un déficit para el cumplimiento de las metas de entregas anuales que tiene la finca para el despacho tanto interno como externo; por ello probar la eficiencia de estos distintos tipos de reguladores de crecimientos en cuanto al desarrollo longitudinal y grosor de las plantas con proporciones distintas de sustrato fue necesario para tener un precedente documentado de su eficiencia.

Los resultados de esta investigación mostraron que las plantas tratadas con una solución con auxinas aplicado en un sustrato de 70% arena y 30% suelo tuvieron una media de altura de 67.67 cm de altura en comparación de: la solución de lixiviado aplicado a un sustrato 30% - 70% que tuvo una media de 63.33; y la solución de auxina aplicado en un sustrato de 30%-70% con una media de 61.33 cm de altura. En cuanto al volumen de raíces el tratamiento con auxinas y un sustrato 70%-30% obtuvieron un volumen de 111.67 ml, mientras que el tratamiento con lixiviado y un sustrato 30%-70% tuvo una media de volumen de 110 ml; y el peor tratamiento fue la citoquinina con un sustrato de 30%-70% debido a que su volumen fue una media de 70 ml.

En términos económicos, la rentabilidad se obtuvo con el tratamiento de lixiviado con una rentabilidad del 68%, mientras que el tratamiento con auxinas obtuvo una rentabilidad del 57%, teniendo una diferencia entre ambos del 11.2%.

Basándose en los resultados de esta investigación, se puede establecer un protocolo para la producción de patrones de macadamia en la finca Patzulín, el cual permitiría que desarrollen una altura y un grosor adecuados para ser injertados en el vivero.

## SUMMARY

This research was conducted at the nursery located in the San Vicente Patzulín and Anexos S.A. farm, located in the municipality of El Palmar, department of Quetzaltenango, Guatemala. During the diagnosis of the current situation in the period of the Supervised Professional Practice of the Universidad San Carlos de Guatemala (Xicay, 2022), a 45% reduction in the production of plants for annual deliveries was observed due to the poor development of foliage and stem thickness.

The problem was centered on the rootstocks obtained by seeds; these rootstocks were not available in time because they did not reach the height and thickness required for the grafting process, generating a deficit for the fulfillment of the annual delivery goals that the farm has for both internal and external dispatch; therefore, testing the efficiency of these different types of growth regulators in terms of the longitudinal development and thickness of plants with different soil proportions was necessary to have a documented precedent of their efficiency.

The results of this research showed that the plants treated with an auxin solution applied in a substrate of 70% sand and 30% soil had a mean height of 67.67 cm compared to: the leachate solution applied to a 30% - 70% substrate which had a mean of 63.33; and the auxin solution applied in a 30%-70% substrate with a mean height of 61.33 cm. In terms of root volume, the treatment with auxins and a 70%-30% substrate obtained a volume of 111.67 ml, while the treatment with leachate and a 30%-70% substrate had a mean volume of 110 ml; and the worst treatment was the cytokinin with a 30%-70% substrate because its volume was a mean of 70 ml.

In economic terms, profitability was obtained with the leachate treatment with a profitability of 68%, while the treatment with auxins obtained a profitability of 57%, having a difference between both of 11.2%.

Based on the results of this research, a protocol can be established for the production of macadamia rootstocks in the Patzulín farm, which would allow them to develop a height and thickness suitable for grafting in the nursery.

## I. INTRODUCCIÓN

La *Macadamia integrifolia* es un árbol originario de Australia que se cultiva en varias partes del mundo incluyendo Guatemala, el cual se caracteriza por su alto valor comercial, ya que sus frutos son ricos en aceites y como botana.

El cultivo de *M. integrifolia* requiere un proceso de producción que incluye la etapa de vivero, en que las plantas se cultivan en condiciones controladas hasta alcanzar un tamaño de 2.5 metros, que se considera adecuado para su trasplante a campo definitivo.

Uno de los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas en vivero es el uso de reguladores de crecimientos. Esos son compuestos químicos que pueden promover el crecimiento de las raíces, el tallo y las hojas.

Para poder solucionar este problema observado (Xicay, 2022), trazó como objetivo evaluar el efecto de reguladores de crecimientos (auxinas, citoquininas y humus líquido de lombrices) combinados con tres porcentajes distintos de un mismo tipo de sustrato (70% arena – 30% suelo; 50% arena – 50% suelo; 30% arena – 70% suelo), en las plantas de *M. integrifolia*.

Realizando la evaluación se pudo obtener la respuesta que tuvieron los reguladores de crecimiento utilizado interactuando con las proporciones de sustratos utilizados en cuanto a la altura principalmente, luego el grosor del tallo y el volumen de las raíces. Eventualmente se realizó un análisis de costos para cada uno de los tratamientos que se utilizaron.

El modelo estadístico utilizado para el desarrollo de la investigación fue un diseño completamente al azar bifactorial donde se estudió dos factores con tres niveles cada uno. Esta combinación de dos factores con tres niveles dio como resultado que el experimento tuviera un total de nueve tratamientos siendo aleatorizados completamente en el diseño.

Con los resultados obtenidos se ayudará a la finca en cuanto al aumento de la producción de plantas de macadamia, mejorar la calidad que tienen y con ello disminuir así los costos de producción que se generan; también podría ser de interés para otras fincas productoras de macadamia debido a que podría contribuir al desarrollo de mejores prácticas para el cultivo.

## II. JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta tiene como objetivo evaluar la eficiencia de los reguladores de crecimiento combinados con una mezcla de sustrato en distintas proporciones para mejorar el crecimiento longitudinal, grosor del tallo y volumen de raíces de las plantas de macadamia *M. integrifolia*.

Los resultados de la investigación podrían tener un impacto positivo en la finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A., ya que podrían ayudar a:

- Aumentar la producción de plantas de macadamia.
- Mejorar la calidad de las plantas.
- Disminuir los costos de producción.

La investigación también podría ser de interés para otras fincas productoras de macadamia, ya que podría contribuir al desarrollo de mejores prácticas para el cultivo de esta especie.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 1. Marco conceptual

La macadamia es una importante fuente de ingresos para los productores de todo el mundo. Los frutos se utilizan en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. El aceite de macadamia es un aceite comestible de alta calidad que se utiliza en la cocina, pastelería y cosméticos. También se utiliza en la industria farmacéutica como ingrediente en cremas hidratantes y otros productos para el cuidado de la piel.

#### 1.1. Taxonomía del género macadamia

El género *Macadamia* pertenece a la familia *Proteaceae*, que es una familia de plantas con flores que se encuentran principalmente en Australia y África. El género *Macadamia* incluye nueve especies, todas ellas nativas de Australia.

##### 1.1.1. Familia: *Proteaceae*

Estas son un tipo de plantas arbóreas o arbustivas, que son muy rara vez herbáceas, las hojas por lo común son alternas, desprovistas de stípulas, pecioladas con láminas simples; los frutos son leñosos, por lo común en forma de folículo o cápsula (Calderón, 2006).

En esta familia existen unos 75 géneros y más de 1000 especies representados esencialmente en regiones tropicales del hemisferio sur, sobre todo en Australia y Sudáfrica (Calderón, 2006).

También (Calderón, 2006), indica que hay otras nueces comestibles pertenecientes a la familia *Proteaceae*, los cuales son:

- Gevún, nuez de Chile *Gevuina avellana*.
- La nuez Helicia *Helicia diversifolia*.
- La nuez rosa *Hicksbeachia pinnatifolia*.

Estas descritas, no han alcanzado la importancia económica de la macadamia.

La clasificación taxonómica de los géneros de macadamia comestibles es lo que se muestra a continuación:

Reino	Plantae
Sub – reino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliópsida
Sub – clase	Rosidae
Familia	Proteaceae
Género	<i>Macadamia</i>
Especie	<i>M. integrifolia</i> , <i>M. Tetraphylla</i>

Fuente: (Cabrera, 2010).

### 1.1.2. **Género: Macadamia**

Especies comestibles: *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*.

La *M. tetraphylla* es originaria de las áreas costeras del norte de New South Wales de Australia, donde las condiciones climáticas con más templadas, y la *M. integrifolia* proviene del sureste de Queensland (Sol, 2011).

Las variedades de *M. integrifolia* y *M. tetraphylla* que más son utilizadas son las que se describen a continuación:

Makea 508, Keaau 660, Kau 344, Ikaika 333, Mauka 741, Purvis 294, Huatusco y Victoria.

Los árboles provenientes de la cruce de ambas especies de *M. integrifolia* y *M. tetraphylla*, son llamados híbridos y presentan características de ambas especies (Sol, 2011).

### 1.1.3. **Principales variedades**

Las que se han utilizado en Guatemala y en el mundo tiene su origen en base a una selección realizada en la universidad de Hawái, donde se tomaron especiales intereses por los altos contenidos de aceite de las almendras y el mayor tamaño de estas en relación con las cáscaras. Según (ANACAFE, 2005), las características del árbol de macadamia son las siguientes.

Cuadro 1: Principales variedades de macadamia en Guatemala.

No.	Nombre	Copa	Hojas	Nueces/Kg
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 precoz.	Lisas y anchas, Borde ondulado	132
508	Kakea	Densa, vertical	Sin terminaciones puntiagudas en el borde	132
344	Kau	Compacta, vertical	Espatulada, ápice obtuso, base aguda	121
660	Keaau	Mediana vertical, Resistente a vientos, Susceptible a sequía	Sin terminaciones puntiagudas en los bordes	143

Fuente: (ANACAFE, 2005).

Se muestran las características de cinco clones de macadamia, incluyendo el número, el nombre, el tipo de copa, las características de las hojas y la producción de nueces por kilogramo de planta.

En general, los clones de macadamia se pueden clasificar en dos grupos principales: clones de copa densa y clones de copa abierta. Los clones de copa densa tienen una copa compacta y estrecha, mientras que los de copa abierta tienen una copa más amplia y extendida.

Los clones de macadamia también se pueden clasificar según la forma de las hojas. Los clones con hojas espatuladas tienen hojas anchas y ovaladas, mientras que los clones con hojas lisas y anchas tienen hojas estrechas y lanceoladas.

La producción de nueces por kilogramo de planta varía de un clon a otro. Los clones más productivos son los que producen más de 130 nueces por kilogramo de planta.

#### 1.1.4. **Requerimientos climáticos y edafológicos**

Conocer los requerimientos climáticos y edafológicos de una especie de planta es importante para el éxito de su cultivo. Estos requerimientos determinan las condiciones ambientales que la planta necesita para crecer y desarrollarse adecuadamente.

##### 1.1.4.1. **Clima**

Existen diferencias entre las dos especies cultivadas de macadamia con respecto a la adaptación climática. *M. tetraphylla* se caracteriza por ser más tolerante al frío y a la sequía, las áreas que cuenten con temperaturas mínimas promedio entre los 14° y 17°C (Reyes & Lavín, 2014).

El óptimo de producción se obtiene con temperaturas que oscilan entre los 15 a 35°C. Bajo los 10°C no se desarrolla y sobre los 30°C la vegetación es clorótica; sin embargo, siempre es necesario mencionar que además de la temperatura, se debe considerar la altitud, ya que determina el rendimiento de la fruta. La elevación óptima para la macadamia está entre los 225 y 550 msnm (Reyes & Lavín, 2014).

La *M. integrifolia* tiene una producción óptima, el cual se encuentra en áreas donde la temperatura no supera los 32 °C ni que baje a los 13 °C. Los rangos máximos y mínimos de temperatura para una producción están solo parcialmente con el desarrollo floral, ya que las pequeñas variaciones entre la temperatura del día y la noche tendrían un marcado efecto en la intensidad y largo de la floración (Reyes & Lavín, 2014).

##### 1.1.4.2. **Suelos**

Las plantas de macadamia pueden adaptarse a un amplio rango de suelos, pero tomando en cuenta las características básicas para el desarrollo del árbol puede decirse que se adapta a un suelo profundo, en promedio a unos 80 cm de profundidad y bien drenado. Las plantas de macadamia se desarrollan más sanas en un suelo que

esté rico en contenido de materia orgánica, esto es porque se crea un equilibrio entre los microorganismos, bacterias y como también hongos los cuales tienen la función de poner a disposición los nutrientes del suelo a la planta y con ello darán la estructura y textura adecuada a lo largo del tiempo de estancia en el vivero (Sol, 2011).

#### **1.1.4.3. Raíces**

Las plantas de *M. integrifolia* al ser poco exigentes en cuanto a los nutrientes, desarrolla demasiadas raíces superficiales, lo cual si lo hace exigente a tener a disponibilidad de humedad para que puedan las raíces desarrollarse óptimamente y así pueda observarse una vigorosidad a las plantas que ya desarrolladas (AZETA S.A., 2006).

#### **1.1.4.4. Riego**

En cuanto a las necesidades de agua, la falta de la humedad restringe el crecimiento del tronco y causa abscisión de hojas y una muerte regresiva en las ramas. También en el campo definitivo el tamaño de la nuez también se reduce cuando los árboles son sometidos a déficit hídrico en verano y temprano en invierno. Los árboles que crecen en roca volcánica necesitan 3,180 mm/año de lluvias uniformemente distribuidas, en suelos más profundos solo necesitan 1,650 mm/año; incluso puede sobrevivir en áreas con 510 mm/año, pero el crecimiento del árbol es lento y la producción es baja en años excesivamente secos (Reyes & Lavín, 2014).

#### **1.1.4.5. Fertilización**

Luego que han transcurrido 30 días desde el trasplante, se aplican 160 g/árbol de fertilizante, se sugiere la utilización de uno que tenga la formulación 10-30-10; un mes después de realizado ello, se realiza la aplicación de 160 g/árbol de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno y potasio. Se deben hacer aplicaciones de fertilizantes mensualmente mientras las plantas vayan aumentando en cuanto al crecimiento (Díaz, 2015).

#### **1.1.4.6. Podas**

Las podas que se deben de realizar en las plantas durante el crecimiento, es la de deshije, esto es debido a que se pueden generar estímulos de muchos brotes, el cual puede impedir el crecimiento y desarrollo de estos; así mismo para la planta genera un gasto de energía el excesivo que puede servirle para el desarrollo del tallo y engrosamiento (Díaz, 2015).

#### **1.1.4.7. Control de plagas**

Las plagas que afectan a las plantas de macadamia dependen de la región en que se encuentren, pero normalmente se presentan problemas con los áfidos, insectos, áfidos y ácaros. Para el control de ello en el vivero, es necesario utilizar la aplicación de un insecticida. En la finca San Vicente Patzulín, se utiliza el *Oxamil* (Vidate Azul), el cual utilizan con frecuencia y ha demostrado una efectividad considerable.

#### **1.1.4.8. Control de enfermedades**

Existen muchas enfermedades que pueden afectar a una planta de macadamia, las más encontradas según el diagnóstico realizado en finca Patzulín fueron: *Rosellinia pepo*, *Armillaria mella* y *Pestalotia sp.* Para su control actualmente se utilizan productos como el *Tiadiazol*, *Carbamato*, *Etridiazol*, *Metil Tiofanato* (Banrot) y el *Metil Tiofanato* (Nucilate), una aplicación mensual con la cantidad de 400 ml/tonel utilizado.

#### **1.1.4.9. Vivero**

Se recomienda realizar la búsqueda de un área plana, libre de viento fuerte donde sea accesible al transporte y cercana al área de riego. En el vivero, es necesario la colocación de bolsas con guiado de cuerda esto debido a que se tiene que realizar pequeñas zanjas para que estas queden seguras y no se caigan por el viento o la lluvia (ANACAFE, 2005).

#### **1.1.4.10. Sustratos**

En cuanto a la mezcla de suelo de un vivero, es recomendable realizar proporciones que sean 2:2:1, es decir que cuenten con un 40% de suelo, 40% de materia orgánica

obtenido por la descomposición de la cáscara de la nuez del año anterior y un 20% de arena blanca (ANACAFE, 2005).

Las bolsas recomendables para utilizar en el desarrollo de los patrones en el vivero pueden estar entre los que miden 8 x 15 x 0.04 o pueden ser los que miden 10 x 20 x 0.06 pulgadas (ANACAFE, 2005).

#### **1.1.4.11. Injertación**

Para la realización de esta labor es recomendable realizarse cuando las plantas tengan un grosor de los tallos que van de 1.5 a dos centímetros. Y una altura que sea de superior a los diez centímetros, tamaño que alcanzan más o menos al año del trasplante (ANACAFE, 2005).

#### **1.1.5. Enraizadores**

Estos son insumos que se utilizan en la agricultura para aplicar a plantaciones con la finalidad de fortalecerlas y promover el desarrollo de gran cantidad de raíces, a través de fitohormonas de enraizamiento. Cuando las raíces son más fuertes y saludables la planta aumenta su vigorosidad en cuanto al desarrollo (Felix, 2018).

Se pretende utilizar enraizadores de tipo hormonal en la evaluación del experimento, el ingrediente activo que se utilizarán es: citoquininas y auxinas.

En la finca se ha evaluado la acción de enraizadores, específicamente en los semilleros; los resultados que se obtuvieron con mejor desempeño fueron los enraizantes que tuvieron auxinas y citoquininas porque los resultados de germinación, altura y biomasa fueron satisfactorios según los análisis estadísticos realizados (De León, 2018).

#### **1.1.6. Hormonas vegetales**

Las hormonas vegetales, también conocidas como fitohormonas, son sustancias químicas producidas por las plantas que regulan su crecimiento y desarrollo de una planta. Existen cinco tipos principales de hormonas vegetales: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno (Hadden, Sponsel, & Peacock, 2015).

En un vivero de macadamia, las hormonas vegetales son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Las auxinas, por ejemplo, son importantes para el crecimiento del tallo y las raíces, así como para el desarrollo de los brotes laterales. Las citoquininas, por otro lado, promueven la división celular y el crecimiento de los tejidos, lo que ayuda a producir plantas más robustas (Hadden, Sponsel, & Peacock, 2015).

Las giberelinas son importantes para el alargamiento de los tallos y el desarrollo de las hojas y las flores. El ácido abscísico, por su parte, ayuda a regular el cierre de los estomas, lo que afecta la transpiración de las plantas y su capacidad para regular la cantidad de agua que absorben (Hadden, Sponsel, & Peacock, 2015).

Finalmente, el etileno es una hormona que se produce en las plantas en respuesta a situaciones de estrés, como la falta de agua o la exposición a temperaturas extremas. Esta hormona ayuda a las plantas a sobrevivir en condiciones adversas y también está involucrada en la maduración de los frutos (Hadden, Sponsel, & Peacock, 2015).

En resumen, las hormonas vegetales son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas en un vivero de macadamia, ya que ayudan a regular la división celular, el alargamiento de los tallos, el desarrollo de las raíces y el cierre de los estomas. El conocimiento y la aplicación adecuada de estas hormonas pueden mejorar significativamente la calidad y la producción de las plantas en el vivero.

#### **1.1.6.1. Citoquininas**

Las citoquininas son hormonas vegetales que estimulan la división celular y la diferenciación de los tejidos vegetales. Se producen naturalmente en las raíces, y también pueden ser sintetizadas artificialmente para su uso en una planta (Antama, 2017).

En un vivero de macadamia, las citoquininas son útiles para promover el crecimiento de los patrones de las plantas. Los patrones son plantas utilizadas como portainjertos, es decir, se cultivan para luego injertar sobre ellos una variedad de macadamia que tenga características deseables, como una mayor producción de nueces o una resistencia a enfermedades (Antama, 2017).

Las citoquininas pueden ser aplicadas a los patrones de macadamia para estimular su crecimiento y desarrollo, lo que puede mejorar su capacidad para soportar el injerto y producir una planta más vigorosa. Las citoquininas también pueden aumentar la formación de raíces laterales en los patrones, lo que puede mejorar su capacidad para absorber nutrientes y agua del suelo (Antama, 2017).

Se puede concluir que las citoquininas son una hormona vegetal importante en la horticultura, especialmente en la producción de patrones de plantas en un vivero de macadamia. Al estimular la división celular y la diferenciación de los tejidos vegetales, las citoquininas pueden mejorar el crecimiento y desarrollo de los patrones, lo que a su vez puede mejorar la capacidad del injerto para producir una planta más vigorosa y resistente.

#### **1.1.6.2. Auxinas**

Las auxinas son una hormona vegetal importante que se produce naturalmente en los tallos y las hojas de las plantas. Las auxinas son fundamentales en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, y se utilizan comúnmente en la horticultura y la agricultura para controlar la formación de raíces, el crecimiento de los tallos y la producción de frutas (AGRAN, 2020).

En un vivero de macadamia, las auxinas se utilizan para estimular el crecimiento de los patrones de plantas y para fomentar la formación de raíces en las plantas. Las auxinas se pueden aplicar directamente a los patrones de macadamia para promover el crecimiento de las raíces y la formación de brotes laterales, lo que puede aumentar la producción de nutrientes y mejorar la capacidad de la planta para soportar el injerto (AGRAN, 2020).

Además, las auxinas pueden ser utilizadas para el enraizamiento de esquejes de macadamia, lo que es importante en la propagación de plantas a través de la clonación. Al aplicar auxinas a los esquejes, se estimula el crecimiento de las raíces y se asegura un establecimiento rápido y saludable de la nueva planta (AGRAN, 2020).

Sabiendo estos conceptos se puede resumir que las auxinas son una hormona vegetal fundamental en la horticultura y la agricultura, y son especialmente útiles en la producción de patrones de plantas en un vivero de macadamia. Al estimular el crecimiento de las raíces y la formación de brotes laterales, pueden mejorar la capacidad de los patrones para soportar el injerto y producir una planta más vigorosa. Además, son útiles para el enraizamiento de esquejes, lo que es importante para la propagación de plantas a través de la clonación.

#### 1.1.7. **Humus líquido de lombrices**

El humus líquido de lombrices, también conocido como vermicompost líquido, es un fertilizante orgánico líquido producido a través del proceso de vermicompostaje. Este proceso implica la digestión de materia orgánica por lombrices, que descomponen la materia y excretan los nutrientes en forma líquida (COCOON, 2015).

Para producir humus líquido de lombrices, se alimenta a las lombrices con materia orgánica, como restos de comida y hojas. A medida que las lombrices digieren la materia, excretan nutrientes líquidos en forma de humus líquido. Este líquido se recolecta y se utiliza como un fertilizante líquido rico en nutrientes para las plantas (Verdecora, 2018).

En un vivero de macadamia, el humus líquido de lombrices se puede utilizar para mejorar el crecimiento de los patrones de las plantas. El humus líquido de lombrices es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, así como en otros nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. Al aplicar el humus líquido de lombrices directamente a los patrones, se pueden mejorar la absorción de nutrientes y el crecimiento de las raíces, lo que puede mejorar la salud y el vigor de las plantas (COCOON, 2015).

Además, el humus líquido de lombrices también puede ser utilizado para enriquecer el suelo en el que se cultivan las plantas de macadamia. Al aplicar el humus líquido de lombrices al suelo, se pueden mejorar la calidad del suelo y la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y agua, lo que a su vez puede mejorar la producción y la calidad de las nueces (Verdecora, 2018).

Todo puede resumirse en que el humus líquido de lombrices es un fertilizante orgánico líquido producido a través del proceso de vermicompostaje, que se utiliza para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas en un vivero de macadamia. Al ser rico en nutrientes importantes para las plantas, el humus líquido de lombrices puede mejorar la absorción de nutrientes y el crecimiento de las raíces, lo que a su vez puede mejorar la producción y la calidad de las nueces en un futuro.

Cuadro 2: Valores mínimos nutricionales para el humus líquido de lombrices.

<b>Características</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor análisis</b>
Materia Orgánica	1%	0.39 %
Ácidos húmicos	100 mg/L	5.53 mg/L
Ácidos fúlvicos	650 mg/L	0.11 mg/L
pH	6.5 – 8	6.8
Solubilidad al agua	100	100%
Nitrógeno total	200 mg/L	5.53 mg/L
Potasio (K <sub>2</sub> O)	5500 mg/L	0.90 mg/L
Calcio (Ca)	480 mg/L	5.59 mg/L
Magnesio (Mg)	90 mg/L	0.72 mg/L
Boro (B)	40 mg/L	0.3 mg/L
Hierro (Fe)	1.2 mg/L	710.00 mg/L
Zinc (Zn)	1 mg/L	6.3 mg/L

Fuente: (COCOON, 2015); (Finca Patzulín, 2022).

Como se observa, el humus líquido de lombrices que se analizó (figura 8 contenido en los anexos) cumple con los valores mínimos nutricionales para la materia orgánica, los ácidos húmicos, el pH y la solubilidad al agua. Sin embargo, el contenido de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y boro es inferior a los valores mínimos. El contenido de hierro, en cambio, es mucho mayor que el valor mínimo.

En general, los resultados del análisis muestran que el humus líquido de lombrices es un fertilizante de buena calidad, pero que puede ser necesario añadir otros fertilizantes para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas.

#### **1.1.8. Aplicación de hormonas y humus de lombrices en patrones de macadamia**

Las hormonas vegetales, como las auxinas y las citoquininas, pueden ser aplicadas en el patrón de la macadamia para estimular el crecimiento de las raíces y las ramas laterales, lo que aumenta la tasa de supervivencia y el crecimiento de los patrones. Las auxinas favorecen el crecimiento de las raíces y las citoquininas estimulan el crecimiento de las ramas laterales, lo que ayuda a formar un sistema de raíces y ramas bien desarrollado.

Por otro lado, el humus líquido de lombrices puede ser utilizado como un fertilizante orgánico líquido que contiene nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio. Al aplicar el humus líquido de lombrices directamente en los patrones de macadamia, se pueden mejorar la absorción de nutrientes y el crecimiento de las raíces, lo que puede mejorar la tasa de supervivencia y el crecimiento de los patrones.

Además, la aplicación de humus líquido de lombrices también puede mejorar la calidad del suelo en el que se cultivan las plantas de macadamia, lo que a su vez puede mejorar la salud y la producción de las nueces.

#### **1.1.9. Utilización de hormonas en la agricultura**

Las hormonas vegetales, como las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno, son usadas en la agricultura para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Son comúnmente utilizadas en cultivos intensivos para aumentar la producción y mejorar la tolerancia a diversas condiciones de estrés. Sin embargo, se señala que su uso está limitado a ciertos tipos de cultivos, y que hay una necesidad de investigar cómo pueden ayudar a las plantas a superar condiciones de estrés abiótico, especialmente el estrés hídrico y térmico, en el contexto del cambio climático (Andina, 2020).

En el caso específico de los patrones de macadamia en un vivero, el uso de biorreguladores hormonales como las auxinas y citoquininas pueden ser beneficiosos para estimular el crecimiento de las raíces y las ramas laterales, lo que puede aumentar la tasa de supervivencia y el crecimiento de los patrones. También puede ser útil en la germinación de semillas y en la maduración de los frutos. Además, se sugiere que

el uso de hormonas puede ayudar a las plantas de macadamia a tolerar el estrés hídrico y térmico, que son variables ambientales cambiantes y que pueden afectar negativamente su crecimiento y producción en el futuro. Por lo tanto, el uso de biorreguladores hormonales en la producción de patrones de macadamia en un vivero puede ser una herramienta importante para mejorar la productividad y la resistencia de las plantas frente a las condiciones climáticas cambiantes (Andina, 2020).

## **1.2. Marco Referencial**

### **1.2.1. Información general de la finca Patzulín**

La finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A. está distribuida en cinco fincas que la conforman, donde las cuales están todas con plantación de *M. integrifolia* (Finca Patzulín, 2022).

### **1.2.2. Localización**

Finca Patzulín está ubicada en comunidad Las Marías, jurisdicción del municipio de El Palmar del departamento de Quetzaltenango.

### **1.2.3. Vías de acceso**

La principal vía de acceso a la finca es por la carretera que se encuentra en la ruta CITO que conduce de Retalhuleu hacia el departamento de Quetzaltenango, cruzándose a través de la carretera que conduce hacia el viejo Palmar; la entrada de la finca está a 4 km desde la entrada de la comunidad Las Marías hacia la garita. La distancia que se encuentra la finca desde la garita es de 5 km hacia el norte.

### **1.2.4. Ubicación geográfica (GTM)**

Las coordenadas geográficas donde está ubicada la finca son: Latitud 14°40'31.8" norte y Longitud 91°34'31.9" oeste. Se encuentra a una altura que comprende desde los 840 msnm hasta los 1500 msnm.

### 1.2.5. Croquis de ubicación del vivero de la finca



Figura 1: Croquis del vivero de macadamia en finca Patzulín.

### **1.2.6. Descripción ecológica**

Una descripción ecológica de una investigación es una descripción de los factores ambientales que pueden influir en el resultado de la investigación.

#### **1.2.6.1. Zona de vida**

El tipo de zona de vida según De la Cruz, basado en el sistema de zonas climáticas de Holdridge (De la Cruz, 1982) es: Bosque húmedo tropical cálido (bmh-Sc). Según (ANACAFE, 2005) indica que la planta de macadamia se adapta mejor a regiones comprendidas entre las zonas de vida denominadas bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical y bosque muy húmedo premontano.

Las plantas de macadamia se adaptan a las temperaturas que se encuentran en el rango que va desde los 14°C hasta los 32°C.

#### **1.2.6.2. Clima**

##### **1. Temperatura**

En cuanto a las temperaturas, según (Finca Patzún, 2018), la temperatura mínima oscila entre los 13°C a 19°C; la máxima de 25°C. a 33°C aproximadamente. La cual va variando según el año. La humedad relativa que se encuentra la finca va desde el 65% hasta el 85%.

##### **2. Precipitación**

En cuanto a la precipitación, está definido por la estación lluviosa y la estación seca. El período de lluvia está distribuido en 186 día al año con una media anual de 5,336 mm siendo de mayo a noviembre los meses con mayor precipitación; la época relativa de sequía son los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

#### **1.2.6.3. Suelos**

##### **1. Clasificación**

En cuanto a la clasificación de los suelos, pertenece a la serie de suelos Samayac (Simmons, Tarano, & Pinto, 1960), que son caracterizados por ser poco profundos, son bien drenados, desarrollados sobre flujo lodoso volcánico, duro y

pedregoso de color claro. Estos suelos ocupan relieves inclinados a altitudes medianas en el sur occidente de Guatemala.

En cuanto al orden que pertenecen, según (Tobias & Lara, 2000) pertenecen al Andisol (and), que se caracterizan por ser suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Estos suelos generalmente son suelos con alto potencial de ser fértiles y poseen adecuadas características para su manejo.

## **2. pH del suelo**

El pH del suelo superficial de la finca promedio es de 6.5 y el pH del subsuelo se encuentra alrededor de 6.0 (Finca Patzulín, 2022).

## **3. Tipo de estructura**

Por el tipo de orden al que pertenecen, las estructuras observadas pertenecen a la migajosa, se produce debido a la floculación de los coloides minerales y orgánicos donde sus agregados son pequeños, muy porosos y redondeados, por lo que la penetración de las raíces se ve muy favorecida. También favorece a la germinación de las semillas, debido a que genera poca resistencia en la germinación (Moreno, Gisbert, & Ibáñez, 2012).

### **1.2.7. Hidrología**

#### **1.2.7.1. Precipitación pluvial anual mm**

En la finca, se tiene una media de precipitación pluvial anual de 5160.25 mm, esto según los datos obtenidos en la estación meteorológica que aquí se encuentra.

#### **1.2.7.2. Evapotranspiración**

Actualmente la finca no posee datos de evapotranspiración, y tomar un dato de estación meteorológica más cercana sería un dato inexacto debido a que las variaciones de las altitudes son diferentes en cada punto.

### **1.2.7.3. Principales fuentes de agua**

Dentro de la finca, se cuenta con tres ríos de los cuales va variando su caudal en las diferentes épocas del año, el nombre de estos es: Ixcaya, la Chorrera y la Escalera, que son alimentados por varios riachuelos de la zona que son generadas principalmente en las épocas lluviosas.

### **1.2.8. Efecto de las auxinas sobre el enraizamiento de estacas**

En este estudio los autores encontraron que las auxinas juegan un papel importante en el desarrollo de las raíces de los árboles, regulando el crecimiento de las raíces, la formación de pelos de la raíz y la ramificación de las raíces. Las auxinas también promueven el crecimiento de las raíces en respuesta a factores ambientales como la sequía, el estrés hídrico y la salinidad (Castrillon, Carvajal, Ligarreto, & Magnitskiy, 2008).

Por ello el uso de auxinas en los portainjertos de macadamia puede mejorar el crecimiento, el rendimiento y la resistencia a las enfermedades de las plantas injertadas. Las auxinas pueden ayudar a las plantas a establecer raíces más fuertes y resistentes, lo que puede conducir a un mejor rendimiento y una mayor resistencia a las enfermedades.

El uso de auxinas en los portainjertos de macadamia también puede ayudar a las plantas a tolerar mejor las condiciones de sequía. Las auxinas pueden ayudar a las plantas a conservar el agua y a evitar la deshidratación (Castrillon, Carvajal, Ligarreto, & Magnitskiy, 2008).

### **1.2.9. Uso de citoquininas de síntesis vía riego para mejorar el desarrollo radical en Uva**

En esta investigación se probó el efecto de las citoquininas de síntesis (CPPU y TDZ) en el desarrollo de las raíces de las plantas de uva de mesa *Red Globe*. Las plantas fueron injertadas en tres portainjertos diferentes (Freedom, Harmony y Ramsey) y se cultivaron en macetas con un sustrato compuesto por 1/3 de turba, 1/3 de tierra agrícola y 1/3 de perlita. Las plantas se fertilizaron con N, P, K y micronutrientes. Los reguladores de crecimiento se aplicaron vía riego en las siguientes concentraciones:

0, 2.5, 5, 10, 15 y 20 mg/L. Las aplicaciones se realizaron tres veces. Las evaluaciones se realizaron a los 60 días después de la última aplicación (Fichet, 2018).

Los resultados mostraron que no hubo efecto significativo de los reguladores de crecimiento en las variables aéreas de las plantas, como el área de sección transversal del tronco, el número de hojas, la longitud del tallo principal y el número y longitud de los entrenudos. Sin embargo, los reguladores de crecimiento sí tuvieron un efecto significativo en el desarrollo de las raíces. Las plantas tratadas con CCPP y TDZ tuvieron un área de raíces menor que las plantas no tratadas (Fichet, 2018).

Los investigadores sugieren que los reguladores de crecimiento pueden inhibir el desarrollo de las raíces al interferir con la síntesis de auxinas. Las auxinas son hormonas vegetales que son esenciales para el crecimiento de las raíces (Fichet, 2018).

#### **1.2.10. Uso de humus líquido de lombrices (lixiviado)**

El uso excesivo de fertilizantes químicos ha provocado un impacto negativo sobre el ambiente, el cual conlleva a la salinización, acidificación y compactación del suelo, pérdida de la fertilidad, reducción de la biodiversidad y contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

La investigación enfocada en el uso de abonos orgánicos ha contado con el apoyo internacional para determinar las limitaciones potenciales, los desafíos y la factibilidad institucional, agroecológica y socio-económica necesarios para garantizar el desarrollo de prácticas adaptadas a las condiciones prevalecientes en cada una de las regiones del mundo.

En el caso específico de los porta injertos de macadamia, el uso de fertilizantes orgánicos puede ayudar a mejorar la salud del suelo, aumentar la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades, y mejorar el rendimiento de los cultivos (INIFAP, 2021). Además, los fertilizantes orgánicos son una fuente de nutrientes más sostenible que los fertilizantes químicos, ya que no agotan los recursos naturales y no contaminan el ambiente.

Las plantas que recibieron humus líquido de lombriz tuvieron un tallo más grueso que las plantas que no lo recibieron, también tuvieron un mayor porcentaje de pegue después de injertadas (INIFAP, 2021).

### **Actuación fisiológica a la aplicación en patrones de macadamia:**

El humus líquido de lombrices es un fertilizante orgánico que se produce a partir del compostaje de lombrices. Es rico en nutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro. También contiene hormonas, enzimas y otros compuestos que promueven el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

La aplicación de humus líquido de lombrices en plantas de macadamia en vivero puede estimular la producción de células de varias maneras. En primer lugar, el humus líquido de lombrices proporciona nutrientes esenciales que las plantas necesitan para la división celular. En segundo lugar, el humus líquido de lombrices contiene hormonas que promueven la división celular. En tercer lugar, el humus líquido de lombrices contiene enzimas que descomponen los nutrientes en formas más fáciles de absorber para las plantas.

El aumento de la producción de células en las plantas de macadamia puede conducir a una serie de beneficios, incluyendo:

- Mayor crecimiento y desarrollo de las plantas: Las plantas con una mayor producción de células crecen y se desarrollan más rápidamente.
- Mayor resistencia a las enfermedades y plagas: Las plantas con una mayor producción de células son más resistentes a las enfermedades y plagas.
- Mayor productividad: Las plantas con una mayor producción de células producen más frutos.

#### **1.2.11. Citoquinina (MAPCYKIN 10 SP)**

MAPCYKIN es un regulador de crecimiento vegetal tipo hormonal orgánico que actúa promoviendo ya sea en elongación celular, multiplicación de las células, aumento de la biosíntesis celular, como también en la liberación y transporte de auxinas. Es muy estable en soluciones acuosas de pH ácido. Se recomienda usar un

corrector de pH. Se recomienda agregar un tensoactivo, humectante, pegante o surfactante no ionico a la solución de aspersion, especialmente en aquellos cultivos que presentan follaje con superficie cerosa (MAI, 2018).

MAPCYKIN puede ser mezclado con otros plaguicidas de uso frecuente. Se puede mezclar con uno o más de los plaguicidas convencionales del mercado como: fungicidas, insecticidas, acaricidas, fertilizantes, surfactantes, etc. Se recomienda realizar pruebas de compatibilidad antes de la aplicación al cultivo. Mantener el pH alrededor de 4.5-5 (MAI, 2018). La aplicación del producto MAPCYKIN es recomendada por la casa comercial una dosis de 5g a 15g por manzana o puede utilizarse de 1 a 2 botes de 10g por tambor de 200 litros utilizado (MAI, 2018).

#### **Actuación fisiológica a la aplicación en patrones de macadamia:**

Específicamente, las citoquininas pueden actuar de las siguientes maneras para estimular la producción de células en plantas de macadamia en vivero:

- Induciendo la expresión de genes que participan en la división celular: Las citoquininas pueden unirse a receptores en el núcleo de las células, lo que induce la expresión de genes que participan en la división celular los cuales codifican para proteínas que participan en una serie de procesos necesarios para la división celular, como la replicación del ADN, la formación del huso mitótico y la separación de las cromátidas hermanas.
- Inhibiendo la expresión de genes que participan en la senescencia celular: La senescencia celular es un proceso natural por el cual las células dejan de dividirse y mueren. Las citoquininas pueden inhibir la expresión de genes que participan en la senescencia celular, lo que prolonga la vida útil de las células. Esto permite que las células se dividan más veces, lo que conduce a un aumento de la producción de células.
- Promoviendo la formación de nuevos tejidos: Las citoquininas pueden promover la formación de nuevos tejidos, como las raíces y los tallos. Esto se

debe a que inducen la expresión de genes que codifican para proteínas que participan en el crecimiento y el desarrollo de los tejidos.

La aplicación de citoquininas en plantas de macadamia en vivero es una técnica prometedora para mejorar el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Sin embargo, se necesitan más estudios para determinar la dosis, el momento y la frecuencia de aplicación óptimas de las citoquininas para obtener los mejores resultados.

#### 1.2.12. Auxinas (IBA 98 SP)

IBA 98 SP es un regulador de crecimiento vegetal. Este producto aplicado en las dosis apropiadas hace un excelente aporte desarrollo de yemas, inflorescencia, ramas, frutos, etc. Es un producto compatible con el ambiente. Es un producto de baja toxicidad para los humanos, aves, peces, insectos benéficos o plantas de follaje sensible o delicado; sin embargo, durante la aplicación del producto se recomienda usar ropa de protección personal (MAI, 2018).

Cuadro 3: Dosis recomendada para la utilización de IBA 98 SP.

Nombre de cultivos	Uso recomendado	Dosis
Dracena y cortes de madera dura	10,000 – 30,000 ppm (10-30 gr/L)	Sumerja la punta cortada de la planta en 2.5 cm en solución.
Cortes de madera suave y plantas difíciles de enraizar	5,000 – 20,000 ppm (5-20 g/L)	
Plantas medianamente lentas de enraizar	3,000 – 5,000 ppm (3-5 g/L)	
Plantas medianamente fáciles de enraizar	2,000 – 3,000 ppm (2-3 g/L)	
Plantas fáciles de enraizar – La mayoría de corte del follaje	1,500 ppm (1.5 g/L)	

Fuente: (MAI, 2018).

Para la preparación del producto, se procede a agregar la cantidad de IBA 98 SP según la cantidad específica requerida por el cultivo en 400ml de alcohol industrial (isopropilico) al 99% y agitar hasta conseguir una mezcla homogénea. Agregar la

solución en 600 ml de agua y almacenar en un frasco de color ámbar. Mantener la solución en un lugar fresco y temperatura a bajo de 30 °C (MAI, 2018).

IBA 98 SP, puede ser mezclado con uno o más plaguicidas convencionales, tales como fungicidas orgánicos, acaricidas, insecticidas, fertilizantes, surfactantes, humectantes o pegantes (MAI, 2018).

### **Actuación fisiológica a la aplicación en patrones de macadamia:**

las auxinas pueden actuar de las siguientes maneras para estimular la producción de células en plantas de macadamia en vivero:

- Promoviendo la elongación celular: Las auxinas pueden unirse a receptores en la pared celular, lo que induce la expresión de genes que codifican para proteínas que participan en el crecimiento longitudinal de las células. Estas proteínas incluyen la expansina, que rompe las uniones entre las células, y la pectinametilesterase, que despolimeriza la pectina, un componente de la pared celular.
- Promoviendo la división celular: Las auxinas pueden unirse a receptores en el núcleo de las células, lo que induce la expresión de genes que codifican para proteínas que participan en la división celular. Estos genes incluyen el gen *cdc2*, que codifica para una proteína que regula el ciclo celular, y el gen *cdk1*, que codifica para una proteína que participa en la replicación del ADN.
- Promoviendo la formación de nuevos tejidos: Las auxinas pueden promover la formación de nuevos tejidos, como las raíces y los tallos, al promover la división celular y la elongación celular.

### **1.2.13. Injertos en plantas de macadamia**

Los injertos son una técnica de propagación vegetativa de plantas que consiste en unir dos plantas, una llamada patrón y otra llamada yema, para que formen una sola planta. La yema aporta las características genéticas que se desean, mientras que el patrón proporciona las raíces y el sistema de soporte.

En el caso de los viveros de macadamia, los injertos se utilizan para propagar plantas que tengan las características deseadas, como:

- Rendimiento: Los injertos permiten propagar plantas que producen frutos de mayor tamaño y calidad.
- Resistencia: Permiten propagar plantas que son más resistentes a las enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas.
- Tempranía de producción: Permiten propagar plantas que producen frutos a una edad más temprana.

Los beneficios de los injertos en un vivero de macadamia son los siguientes:

- Mejora la uniformidad de las plantas: Las plantas injertadas son más uniformes que las plantas propagadas por semilla, lo que facilita el manejo y la cosecha.
- Reduce el tiempo de producción: Las plantas injertadas producen frutos a una edad más temprana que las plantas propagadas por semilla.
- Mejora la productividad: Las plantas injertadas producen frutos de mayor tamaño y calidad, lo que aumenta la productividad del cultivo.
- Reduce los costos de producción: Los injertos pueden reducir los costos de producción al permitir la propagación de plantas con las características deseadas.

Los injertos se pueden realizar en diferentes etapas del desarrollo de la planta, pero lo más común es hacerlo cuando la planta tiene entre 6 y 12 meses de edad.

### **Tipos de injerto:**

En los viveros de macadamia se utilizan principalmente dos tipos:

- Injerto de hendidura: es el más común en el cultivo de macadamia. Se realiza haciendo una hendidura en el patrón y colocando la yema en la hendidura. La yema se fija con cinta adhesiva o alambre.

- Metodología:
  1. Elegir el patrón y la yema. El patrón debe tener un diámetro de al menos 1 cm y la yema debe tener al menos dos yemas.
  2. Preparar el patrón. Cortar el patrón a una altura de 15-20 cm del suelo. Hacer una hendidura en el patrón con la sierra, de forma que tenga una profundidad de al menos 2 cm.
  3. Preparar la yema. Cortar la yema del patrón con las tijeras de podar, de forma que tenga un tallo de al menos 5 cm de largo.
  4. Insertar la yema en la hendidura del patrón. Alinear los tejidos de la yema y el patrón. Fijar la yema al patrón con cinta adhesiva o alambre.
  5. Proteger el injerto. Aplicar una capa de cera o pintura sobre el injerto para protegerlo de las condiciones ambientales.
- Injerto de púa: es similar al injerto de hendidura, pero la yema es más pequeña. Se realiza haciendo una hendidura en el patrón y colocando la yema en la hendidura. La yema se fija con cinta adhesiva o alambre.
  - Metodología
    1. Elegir el patrón y la púa. El patrón debe tener un diámetro de al menos 1 cm y la púa debe tener al menos dos yemas.
    2. Preparar el patrón. Cortar el patrón a una altura de 15-20 cm del suelo. Hacer una incisión en el patrón con la sierra, de forma que tenga una profundidad de al menos 2 cm.
    3. Preparar la púa. Cortar la púa del patrón con las tijeras de podar, de forma que tenga un tallo de al menos 5 cm de largo.
    4. Insertar la púa en la incisión del patrón. Alinear los tejidos de la púa y el patrón. Fijar la púa al patrón con cinta adhesiva o alambre.

5. Proteger el injerto. Aplicar una capa de cera o pintura sobre el injerto para protegerlo de las condiciones ambientales.

La importancia de medir el crecimiento de las plantas para la evaluación de la aplicación de hormonas sintéticas comparadas con el humus líquido de lombrices en plantas de porta injerto de macadamia en un vivero radica en que el crecimiento de las plantas es un indicador de su salud y vigor. Las plantas que crecen más rápido son más resistentes a las enfermedades y plagas, y cuando son trasladadas a campo producen más cosechas.

### **1.3. Categorización de Impacto**

#### **1.3.1. Crecimiento longitudinal y grosor del tallo**

La aplicación de hormonas en patrones de macadamia tiene un impacto positivo en el crecimiento longitudinal del mismo como también el grosor de estos, lo que facilita su injerto. Los tipos de hormonas más utilizados son las auxinas, las giberelinas y las citoquininas.

Las auxinas son las hormonas que tienen un efecto más pronunciado en el crecimiento longitudinal y grosor de los patrones de macadamia. Se pueden aplicar de forma foliar, radicular o mediante injerto. La aplicación foliar es la más sencilla y eficaz, y se puede realizar mediante pulverización o riego. La aplicación radicular se realiza mediante la inmersión de las raíces de los patrones o la aplicación de una medida de solución de auxinas en las bolsas de las plantas. La aplicación mediante injerto se realiza mediante la inyección de auxinas en el portainjerto.

Las giberelinas también tienen un efecto positivo en el crecimiento longitudinal de los patrones de macadamia, pero su efecto es menor que el de las auxinas. Se pueden aplicar de forma foliar, radicular o mediante injerto. La aplicación foliar también es la más sencilla y eficaz, y se puede realizar mediante pulverización o riego. La aplicación radicular se realiza mediante la inmersión de las raíces de los patrones o la aplicación de una medida de solución de giberelinas en las bolsas de las plantas. La aplicación mediante injerto se realiza mediante la inyección de giberelinas en el portainjerto.

Las citoquininas tienen un efecto más complejo en el crecimiento longitudinal de los patrones de macadamia. En general, se consideran que tienen un efecto inhibitorio, pero en algunos casos pueden tener un efecto positivo. Se pueden aplicar de forma foliar, radicular o mediante injerto. La aplicación foliar es la más sencilla y eficaz, y se puede realizar mediante pulverización o riego. La aplicación radicular se realiza mediante la inmersión de las raíces de los patrones en una solución de citoquininas. La aplicación mediante injerto se realiza mediante la inyección de citoquininas en el portainjerto.

En general, se recomienda aplicar una combinación de hormonas para obtener los mejores resultados. La más utilizada es la de auxinas y giberelinas.

En el caso de Guatemala, la aplicación de hormonas en patrones de macadamia es una práctica común para facilitar su injerto. Se utilizan principalmente auxinas y giberelinas, y la aplicación se realiza de forma foliar.

#### IV. OBJETIVOS

##### 1. General

Evaluar reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas y humus líquido de lombrices) en porta injertos (patrones) de *Macadamia integrifolia*, en combinación de diferentes proporciones de sustrato en el crecimiento longitudinal en finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A., El Palmar, Quetzaltenango.

##### 2. Específicos

1. Categorizar el impacto que se tiene en el crecimiento longitudinal y el grosor del tallo de las plantas en cuanto a la aplicación de reguladores de crecimientos en combinación de diferentes proporciones de sustrato en cada uno de los tratamientos considerados.
2. Determinar en los tratamientos el mejor volumen de raíces obtenido en la aplicación de reguladores de crecimiento en combinación de diferentes proporciones de sustratos.
3. Estimar el análisis de costos de los tratamientos, para determinar el más factible y accesible para la finca, en patrones de plantas de *M. integrifolia*.

## V. HIPÓTESIS

Se planteó que la interacción entre reguladores de crecimiento y diferentes proporciones de sustrato en porta injertos de *M. integrifolia*, tendría un impacto positivo en el crecimiento longitudinal, grosor del tallo y volumen de raíces de las plantas.

Esta hipótesis se sustenta en los siguientes argumentos:

- Los reguladores de crecimiento son sustancias naturales o sintéticas que promueven el crecimiento de las plantas. Las auxinas, por ejemplo, estimulan la división celular y el crecimiento longitudinal de las raíces y el tallo. Las citoquininas, por otro lado, estimulan la división celular y el crecimiento de los brotes.
- Las proporciones de sustrato también pueden influir en el crecimiento de las plantas. Un sustrato con una buena cantidad de suelo y arena proporciona un ambiente ideal para el desarrollo de las raíces.

Por lo tanto, se espera que la combinación de reguladores de crecimiento y diferentes proporciones de sustrato en porta injertos de *M. integrifolia*, tenga un impacto positivo en el crecimiento de las plantas.

Esta hipótesis puede ser evaluada en la investigación a realizar, mediante el análisis de los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Materiales**

#### **1.1. Material biológico**

4. Semillas de macadamia.
5. Lixiviado de lombrices.
6. Arena.
7. Suelo.

#### **1.2. Material de campo**

8. Cámara fotográfica.
9. Pala, pico y cubeta.
10. Cernidor, carretilla.
11. Tijeras para podar.
12. Reglas.
13. Clavos.
14. Mochila aspersora.
15. Enraizadores.
16. Fertilizantes foliares.
17. Fungicidas.
18. Machetes.
19. Estacas.
20. Pitas.
21. Rótulos.
22. Jeringas

#### **1.3. Material de gabinete**

23. Equipo de computación.
24. Hojas.
25. Libreta de campo.
26. Lápiz.

## 2. Metodología

### 2.1. Para evaluar el objetivo específico 1

### 2.2. Referente a categorizar el impacto que se tiene en el crecimiento longitudinal y el grosor del tallo de las plantas en cuanto a la aplicación de reguladores de crecimientos en combinación de diferentes proporciones de sustrato en cada uno de los tratamientos considerados.

#### 2.2.1. Descripción del trabajo

Para categorizar el impacto de los reguladores de crecimiento en las proporciones de sustratos utilizados, se realizaron mediciones de altura y grosor de las plantas en el tiempo.

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza para observar cómo los grupos de plantas en cada tratamiento se expresaron en función de los parámetros de medición. También se consideró la interacción entre los tratamientos para obtener una categorización de los mejores a los peores.

#### 2.2.2. Variables

- a. Crecimiento longitudinal que desarrollan los patrones de macadamia.
- b. Grosor que van desarrollando los patrones de macadamia.

#### 2.2.3. Modo de análisis de la información

##### 2.2.3.1. Modelo estadístico (Diseño experimental)

El modelo estadístico de diseño completamente al azar bifactorial fue un modelo estadístico que se utiliza para analizar los datos de un diseño experimental bifactorial. Un diseño experimental bifactorial es un diseño experimental en el que se estudiaron dos factores, cada uno con dos o más niveles.

El modelo estadístico de diseño completamente al azar bifactorial fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha_i * \beta_j) + \epsilon_{ijk}$$

En esta ecuación:

- $Y_{ijk}$  es el valor observado de la variable dependiente para la unidad de experimentación  $i$  en el nivel  $j$  del factor A y el nivel  $k$  del factor B.
- $\mu$  es la media general de la población.
- $\alpha_i$  es el efecto del nivel  $i$  del factor A.
- $\beta_j$  es el efecto del nivel  $j$  del factor B.
- $(\alpha_i * \beta_j)$  es la interacción entre los factores A y B.
- $\epsilon_{ijk}$  es el error aleatorio.

Para analizar los datos de un diseño experimental bifactorial utilizando el modelo estadístico de diseño completamente al azar bifactorial, se puede utilizar el análisis de varianza (ANOVA). El ANOVA es una técnica estadística que permite comparar las medias de los grupos de datos.

El ANOVA bifactorial se puede utilizar para evaluar los siguientes efectos:

- Efecto principal del factor A: El efecto principal del factor A es el efecto de un cambio en el nivel del factor A, independientemente del nivel del factor B.
- Efecto principal del factor B: El efecto principal del factor B es el efecto de un cambio en el nivel del factor B, independientemente del nivel del factor A.
- Interacción entre los factores A y B: La interacción entre los factores A y B es el efecto de un cambio en el nivel de un factor sobre el efecto del otro factor.

En el caso específico de la investigación sobre la evaluación de reguladores de crecimiento en porta injertos de *M. integrifolia*, el modelo estadístico de diseño completamente al azar bifactorial fue:

- Efecto principal del regulador de crecimiento: El efecto principal del regulador de crecimiento fue el efecto de un cambio en el tipo de regulador de crecimiento, independientemente de la proporción de sustrato.

- Efecto principal de la proporción de sustrato: El efecto principal de la proporción de sustrato fue el efecto de un cambio en la proporción de sustrato, independientemente del tipo de regulador de crecimiento.
- Interacción entre el regulador de crecimiento y la proporción de sustrato: La interacción entre el regulador de crecimiento y la proporción de sustrato fue el efecto de un cambio en el tipo de regulador de crecimiento sobre el efecto de la proporción de sustrato.

Los resultados del análisis ANOVA se pueden utilizar para identificar los factores o las interacciones que tienen un efecto significativo en el crecimiento de las plantas.

#### 2.2.4. Combinaciones de tratamientos

De acuerdo con lo investigado con el modelo estadístico, se utilizó lo recomendado por la finca, se procedió a describir los porcentajes de sustrato y los reguladores de crecimiento que fueron establecidos durante el desarrollo del experimento.

##### **Porcentajes distintos de sustrato de suelo – arena utilizados (factor A):**

Arena (%)	-	Suelo (%)
30%	-	70% (Testigo relativo).
50%	-	50%
70%	-	30%

##### **Reguladores de crecimiento utilizados (factor B):**

- Nivel 1: Humus líquido de lombrices (Testigo relativo).
- Nivel 2: Citoquininas (CYTOKIN 10 SP)
- Nivel 3: Auxinas (IBA 98 SP)

De acuerdo con los porcentajes de sustrato y reguladores de crecimientos expuestos, se procedió a realizar las combinaciones de los factores de cada uno de los tratamientos establecidos:

Cuadro 4: Combinaciones de los factores A y B para cada uno de los tratamientos a establecer en el experimento en macadamia en finca Patzulín.

Tratamiento	Factor A (Porcentajes de sustrato)	Factor B (Reguladores utilizados)	Combinaciones
T1*	A1 (30% - 70%)	B1 (Lixiviado)	A1B1
T2	A1 (30% - 70%)	B2 (Citoquininas)	A1B2
T3	A1 (30% - 70%)	B3 (Auxinas)	A1B3
T4	A2 (50% - 50%)	B1 (Lixiviado)	A2B1
T5	A2 (50% - 50%)	B2 (Citoquininas)	A2B2
T6	A2 (50% - 50%)	B3 (Auxinas)	A2B3
T7	A3 (70% - 30%)	B1 (Lixiviado)	A3B1
T8	A3 (70% - 30%)	B2 (Citoquininas)	A3B2
T9	A3 (70% - 30%)	B3 (Auxinas)	A3B3

\* El testigo relativo utilizado en el experimento fue el tratamiento 1, ya que las limitaciones económicas de la finca y las pérdidas de plantas previas no permitieron establecer un factor de tratamiento amplio para el experimento realizado.

#### 2.2.5. Aleatorización de los tratamientos

En un diseño completamente al azar, cada uno de los tratamientos se asignan de forma aleatoria; en este caso, hubo nueve tratamientos con tres repeticiones cada uno, significando que hubo un total de 27 parcelas. En la figura que se presenta a continuación, se observa la aleatorización de los tratamientos que fueron asignados para el desarrollo del experimento:

T9	T7	T8	T4	T6	T5	T1	T3	T2
T5	T6	T4	T2	T1	T3	T8	T7	T9
T2	T3	T1	T9	T8	T7	T4	T6	T5

Figura 2: Croquis de campo de la aleatorización de tratamientos del vivero de macadamia en finca Patzulín.

### 2.2.6. Incorporación de enraizadores

Para la realización de esta actividad, se incorporaron las citoquininas y auxinas en una aplicación estándar de 2500 partes por millón. La metodología que se utilizó fue la siguiente:

#### a. Aplicación de citoquininas (CYTOKIN 10 SP)

Para la aplicación de citoquininas en solución en las bolsas de las plantas, se estableció la utilización de 2500 ppm de químico, la cantidad de producto fue con base a la capacidad de un recipiente de 20 litros a utilizar al momento de la aplicación.

Los cálculos para la hormona a utilizar fue la siguiente:

$$2500 \text{ ppm de citoquininas} = 2500 \text{ mg/litro}$$

$$\frac{2500 \text{ mg de citoquinina}}{\text{litro de agua}} * \frac{1 \text{ g de citoquinina}}{1000 \text{ mg de citoquinina}} = \frac{2.5 \text{ gr de citoquinina}}{\text{Litro de agua}}$$

$$\frac{2.5 \text{ gr de citoquininas}}{\text{Litro de agua}} * \frac{1 \text{ gr de producto}}{0.1 \text{ gr de citoquinina}} = \frac{25 \text{ gr de producto}}{\text{Litro de agua}}$$

#### b. Aplicación de auxinas (IBA 98 SP)

Para la aplicación de auxinas en cada una de las bolsas de las plantas, se estableció igualmente con la utilización de 2500 ppm de químico a usar, la cantidad de producto fue con base a la capacidad de un recipiente de 20 litros al momento de aplicar el producto. Los cálculos para la hormona a utilizar fue la siguiente:

$2500 \text{ ppm de auxinas} = 2500 \text{ mg/litro}$

$$\frac{2500 \text{ mg de auxinas}}{\text{litro de agua}} * \frac{1 \text{ g de auxina}}{1000 \text{ mg de auxinas}} = \frac{2.5 \text{ gr de auxina}}{\text{Litro de agua}}$$

$$\frac{2.5 \text{ gr de auxinas}}{\text{Litro de agua}} * \frac{1 \text{ gr de producto}}{0.98 \text{ gr de auxinas}} = \frac{2.551 \text{ gr de producto}}{\text{Litro de agua}}$$

### c. Aplicación de lixiviado (Testigo relativo)

Para la aplicación del lixiviado diluido en agua para la aplicación en las bolsas donde se encontraban las plantas, se estableció igualmente con la utilización de 2500 ppm de producto a utilizar, la cantidad de este fue con base a la capacidad de la mochila a utilizar, siendo este una de capacidad de 20 litros. Los cálculos para el lixiviado a utilizado fue el siguiente:

$$\frac{2500 \text{ ppm de lixiviado}}{\text{Litro de agua}} * \frac{0.001 \text{ ml}}{1 \text{ ppm de lixiviado}} = \frac{2.5 \text{ ml de lixiviado}}{\text{Litro de agua}}$$

### 2.2.7. Categorización de impacto

En el caso del crecimiento longitudinal, el criterio de categorización utilizado fue la tasa de crecimiento que se tomó con la diferencia entre la longitud del tallo al inicio del experimento y la longitud del tallo del final del experimento, dividiendo el resultado de esta diferencia durante el tiempo transcurrido.

Y en cuanto al grosor del tallo, el criterio de para la categorización tomado fue el incremento de grosor, que se midió como la diferencia entre el grosor del tallo al inicio del experimento y el grosor al final del experimento realizado.

### **2.3. Para evaluar el objetivo específico 2**

#### **2.4. Referente a determinar en los tratamientos el mejor volumen de raíces obtenido en la aplicación de reguladores de crecimiento en combinación de diferentes proporciones de sustratos.**

##### **2.4.1. Descripción del trabajo**

Al finalizar el período de crecimiento de 240 días desde los patrones (plántulas) que fueron trasplantados a las bolsas, se procedió a medir el volumen de las raíces de las plantas. Para ello, se sacrificaron las plantas y se separaron las raíces, que luego se introdujeron en una probeta de 1000 ml. Se tomaron las mediciones correspondientes y se analizaron mediante análisis de varianza para dar respuesta al objetivo planteado.

El volumen de las raíces es una variable importante porque influye en el desarrollo de las plantas. Las raíces de mayor volumen permiten una mejor absorción de nutrientes y agua del suelo, lo que es esencial para el crecimiento y la salud de las plantas.

##### **2.4.2. Variable**

- a. Volumen de raíces de los patrones ya considerados para ser injertados.

##### **2.4.3. Modo de análisis de la información**

Se utilizó el modelo estadístico de diseño completamente al azar bifactorial.

### **2.5. Para evaluar el objetivo específico 3**

#### **2.6. Referente a estimar el análisis de costos de los tratamientos determinando así el más factible y accesible para la finca, en patrones de plantas de *M. integrifolia*.**

##### **2.6.1. Descripción del trabajo**

Para el cumplimiento de este objetivo del experimento sobre los reguladores de crecimiento y los diferentes sustratos utilizados, se establecieron los siguientes trabajos:

- Preparación del terreno: limpieza, nivelación y fumigación.
- Preparación del sustrato: mezcla de arena, turba y perlita.

- Siembra de las plantas: trasplante de las plantas desde el semillero.
- Riego: riego diario de las plantas.
- Fertilización: aplicación de fertilizantes a las plantas.
- Control de plagas y enfermedades: aplicación de insecticidas, fungicidas y otros productos para el control de plagas y enfermedades.

Tomando en cuenta cada uno de estos parámetros de medición, se procedió a realizar el método de costos directos e indirectos proyectados para el establecimiento de una hectárea de terreno en el vivero para los patrones de macadamia o lo equivalente a la cantidad de 25,600 plantas.

Estos datos se generaron a partir de la información obtenida de la finca, siendo preciso en cuanto al pago del trabajo que se realiza, como también el costo de los productos aplicados en el vivero.

#### 2.6.2. **Variable**

- a. Todos los costos directos e indirectos que se generaron a partir del establecimiento del experimento.

#### 2.6.3. **Modo de análisis de la información**

Primero se procedió a realizar el análisis de costos directos e indirectos es un proceso que se utiliza para identificar, clasificar y asignar los costos de una empresa. Los costos directos son aquellos que se pueden identificar directamente con un producto, servicio o actividad específica. Los costos indirectos son aquellos que no se pueden identificar directamente con un producto, servicio o actividad específica, luego se procedió a realizar un análisis económico con la ayuda de las siguientes fórmulas:

Cuadro 5: Fórmulas para el análisis económico de la evaluación de enraizantes y sustratos en vivero de *M. integrifolia*, en finca Patzulín.

Indicadores	Formula
Costo Total de Producción	$CT = (CF + CV) \text{ o } (CD + CI)$
Volumen de Producción	$VP = \text{Rendimiento}$
Costo Unitario Promedio	$CU = CT / \text{Rendimiento o } VP$
Margen de Utilidad	$MU = 30 \text{ a } 40 \% \text{ de } CU$
Precio Promedio de Venta	$PV = CU + MU$
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	$VBP = \text{Rendimiento} \times PV$
Utilidad Total de Producción	$UT = VBP - CT$
Índice de Rentabilidad (%)	$IR = (UT / CT) \times 100$
Relación Beneficio / Costo	$Rel. B/C = VBP / CT$

Fuente: (Férrandez, 2023).

Con ello se pudo también determinar cuál de estos tratamientos que se utilizaron se puede considerar el más rentable.

## VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. **Dando respuesta al primer objetivo sobre: Categorizar el impacto que se tiene en el crecimiento longitudinal y el grosor del tallo de las plantas en cuanto a la aplicación de reguladores de crecimientos en combinación de diferentes proporciones de sustrato en cada uno de los tratamientos considerados.**

### 1.1. **Medición del crecimiento longitudinal que desarrollan los patrones de macadamia.**

Durante la realización de la investigación, para fines de registro del estudio, se recopilaron, tabularon y graficaron los datos obtenidos durante un período de ocho meses debido a que al estar la planta en las bolsas desde el trasplante hasta que tienen un tamaño y grosor considerable para realizar el injerto de estos. Esto permitió obtener parámetros sobre el crecimiento de las plantas después de ser trasplantadas.

Los datos se recopilaron, se tabularon en los cuadros y se utilizó la columna nombrada como “altura” del cuadro 38, que se observa en los contenidos en anexos; esta muestra los resultados de los tratamientos en el siguiente cuadro 6 de ANOVA con base a los datos tabulados de variables.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Altura (cm)	27	0.94	0.92	3.54

Cuadro 6: Análisis de varianza en cuanto a la altura (cm), grosor (mm) y volumen (ml) de plantas porta injerto de macadamia de finca Patzulín.

ALTURA (cm)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1297.19	8	162.15	37.42	<0.0001
Sustrato	605.63	2	302.81	69.88	<0.0001
Regulador	390.74	2	195.37	45.09	<0.0001
Sustrato*Regulador	300.81	4	75.20	17.35	<0.0001**
Error	78.00	18	4.33		
Total	1375.16	26			

Los datos del ANOVA mostraron que hay una diferencia significativa en las interacciones en cada una de las variables en cuanto a la altura las plantas entre los tres grupos, con las plantas tratadas con hormona creciendo más altas que las plantas no tratadas con hormona y las plantas cultivadas en el sustrato.

El valor p de 0.0001 para la variable altura observado en el cuadro seis, es muy pequeño, lo que significa que hubo muy poca probabilidad de que los resultados se deban al azar, por lo tanto, se puede decir que hubo diferencias significativas en cuanto al sustrato, los reguladores de crecimiento y su interacción.

La  $R^2$  de la variable altura fue de 0.94 indica que el modelo puede explicar el 94% de la variación en la altura de las plantas. Esto significa que el modelo es muy preciso y que puede usarse para predecir la altura de las plantas con un alto grado de precisión.

El coeficiente de variación (CV) de la variable altura fue de 3.54, esto indica que la variación en la altura de las plantas es normal, lo que puede deberse a una serie de factores, como la genética de las plantas, las condiciones ambientales y el cuidado que reciben las plantas.

Por ello, con los datos resultantes del ANOVA que se observa en el cuadro seis, por lo significativo de los datos, se procedió a realizar pruebas múltiples de medias de Tukey, siendo los siguientes resultados:

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 5.95542

Cuadro 7: Prueba de análisis de Tukey de la altura (cm) comparando la interacción entre la hormona y el sustrato utilizado en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Regulador de crecimiento	Sustrato	Medias	n	E.E.	
Auxina	(70% - 30%)	67.67	3	1.2	A
Lixiviado	(70% - 30%)	66.67	3	1.2	A B
*Lixiviado	(30% - 70%)	63.33	3	1.2	A B C
Auxina	(30% - 70%)	61.33	3	1.2	B C
Lixiviado	(50% - 50%)	60.00	3	1.2	C D
Citoquinina	(70% - 30%)	58.00	3	1.2	C D E
Citoquinina	(50% - 50%)	54.33	3	1.2	D E
Auxina	(50% - 50%)	53.00	3	1.2	E
Citoquinina	(30% - 70%)	44.33	3	1.2	F
* Testigo Relativo					

Se muestran los resultados del efecto de tres tipos de reguladores de crecimiento (auxina, citoquinina y lixiviado) y tres tipos de proporciones de sustratos de arena-suelo (70%-30%; 50%-50%; 30%-70%) en el crecimiento de plantas.

En las columnas se representan los diferentes tratamientos aplicados a las plantas, mientras que las filas representan los resultados del experimento. Las medias de las columnas se muestran en la parte superior del cuadro, seguidas del número de repeticiones (n) y el error estándar (E.E.).

En lado derecho del cuadro siete se muestra una tabla de letras que indica si las medias de dos tratamientos son significativamente diferentes. Las medias con una misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de significancia de 0.05.

Los resultados del experimento indican que la auxina tuvo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, independientemente del sustrato utilizado. Las plantas tratadas con auxina (70% - 30%) tuvieron una media de 67.67 cm de altura en comparación del testigo relativo que tuvo una media de crecimiento de altura de 63.33 cm, mientras que las plantas tratadas con lixiviado (70% - 30%) tuvieron una media de 66.67 cm de altura y comparándolas nuevamente con el testigo relativo que tuvo una media de crecimiento de 63.33 cm de altura. Ambos tratamientos fueron significativamente diferentes a los

tratamientos control (auxina (30% - 70%) y lixiviado (30% - 70%)), que tuvieron medias de 61.33 cm y 63.33 cm de altura, respectivamente.

La citoquinina también tuvo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, pero su efecto fue menor que el de la auxina y lixiviado. Las plantas tratadas con citoquinina (70% - 30%) tuvieron una media de 58.00 cm de altura, mientras que las plantas tratadas con citoquinina (50% - 50%) tuvieron una media de 54.33 cm de altura; ambos casos se encontraron por debajo de la media del testigo relativo que fue de 63.33 cm de altura.

En general, los resultados expresados en el cuadro anterior del experimento indicaron que el regulador de crecimiento hormonal auxina y el sustrato de 70% arena y 30% suelo es más efectiva para promover el crecimiento de las plantas.

### 1.2. Medición del grosor que van desarrollando los patrones de macadamia.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grosor (mm)	27	0.61	0.43	5.86

Cuadro 8: Análisis de varianza en cuanto al grosor (mm) de plantas porta injerto de macadamia de finca Patzulín.

GROSOR (mm)					
Modelo	12.30	8	1.54	3.46	0.0137
Sustrato	2.74	2	1.37	3.08	0.0706
Regulador	0.52	2	0.26	0.58	0.5682
Sustrato*Regulador	9.04	4	2.26	5.08	0.0064**
Error	8.00	18	0.44		
Total	20.30	26			

La R<sup>2</sup> de la variable grosor observado en el cuadro ocho, el valor de p es de 0.0064, es muy pequeño, lo que significa que la interacción tiene una diferencia significativa en cuanto al sustrato y los reguladores de crecimiento utilizados.

La variable grosor la R<sup>2</sup> fue de 0.61, lo que indica que el modelo puede explicar el 61% de la variación en el grosor de las plantas.

Mientras que el CV de la variable grosor fue de 5.86, el cual es un poco más alta que la de altura, sin embargo, se encuentra menor a 10 de variabilidad y es considerado aceptable estadísticamente.

Después, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias nuevamente sobre la variable grosor de tallo, siendo específicamente en la interacción que se tuvo en cuanto al regulador de crecimiento y el sustrato.

Cuadro 9: Prueba de análisis de Tukey del grosor (mm) comparando la interacción entre el regulador de crecimiento y el sustrato utilizado en vivero de macadamia en finca Patzulín.

<b>Regulador</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Lixiviado	(50% - 50%)	12.67	3	0.38	A
Auxinas	(70% - 30%)	12.00	3	0.38	A B
Citoquininas	(70% - 30%)	11.67	3	0.38	A B
*Lixiviado	(30% - 70%)	11.67	3	0.38	A B
Auxinas	(30% - 70%)	11.33	3	0.38	A B
Citoquininas	(30% - 70%)	11.00	3	0.38	A B
Lixiviado	(70% - 30%)	11.00	3	0.38	A B
Auxinas	(50% - 50%)	10.67	3	0.38	B
Citoquininas	(50% - 50%)	10.33	3	0.38	B

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

\* Testigo Relativo

Los resultados que se muestran en el cuadro nueve del experimento en cuanto a la variable de grosor indican que el lixiviado tuvo un efecto positivo en el engrose de tallos de las plantas, esto demostrado con el sustrato 50%-50% de arena-suelo utilizado. Las plantas tratadas con auxina y el sustrato (70% - 30%) tuvieron una media de engrose de 12 mm de grosor siendo positiva en comparación al testigo relativo que tuvo una media de grosor de 11.67 mm, mientras que las plantas tratadas con lixiviado y un sustrato (50% - 50%) tuvieron una media de 12.67 mm de grosor siendo mejor igualmente debido a que se encuentran por encima de la media del testigo relativo que fue de 11.67 mm.

La citoquinina también tuvo un efecto positivo en el aumento de grosor de las plantas según el cuadro ocho, pero su efecto fue menor que el de la auxina y lixiviado. Las plantas tratadas con lixiviado y un sustrato (30% - 70%) tuvieron una media de engrose de 11.67 mm,

mientras que las plantas tratadas con citoquinina (70% - 30%) tuvieron una media de 11.67 mm de engrose.

En general, los resultados del experimento en base a los resultados del cuadro nueve indican que el regulador de crecimiento hormonal lixiviado y el sustrato de 50% arena y 50% suelo es más efectiva para promover el engrose de tallo de las plantas.

**2. Para la respuesta del objetivo número dos sobre: Determinar en los tratamientos el mejor volumen de raíces obtenido en la aplicación de reguladores de crecimiento en combinación de diferentes proporciones de sustratos.**

**2.1. Medición del volumen de raíces de los patrones ya considerados para ser injertados.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Volumen (ml)	27	0.96	0.94	5.45

Cuadro 10: Análisis de varianza en cuanto a la altura (cm), grosor (mm) y volumen (ml) de plantas porta injerto de macadamia de finca Patzulín.

Volumen de raíces (ml)					
Modelo	8751.85	8	1093.98	56.26	<0.0001
Sustrato	3057.41	2	1528.70	78.62	<0.0001
Regulador	1968.52	2	984.26	50.62	<0.0001
Sustrato*Regulador	3725.93	4	931.48	47.90	<0.0001**
Error	350.00	18	19.44		
Total	9101.85	26			

En cuanto a la variable de volumen de raíces que se observa en el cuadro seis, el valor de p fue de 0.0001, lo que es muy pequeño sabiendo que también tiene muy poca probabilidad de que los resultados se deban al azar, por ello puede decirse que existe diferencias significativas en cuanto al sustrato, los reguladores de crecimiento y su interacción. Se pudo observar también que la R<sup>2</sup> se presenta con una medida de 0.96 lo que indica que este modelo puede explicar el 96% de la variación del volumen de raíces de las plantas.

Lo mismo pasa con el CV del volumen de raíces, este fue de 5.45, lo que es un poco más alto que la variable altura, pero al igual que el del grosor es menor a 10 y es considerado aceptable estadísticamente.

Con estos datos proporcionados del cuadro 10, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de tukey para la interacción de los reguladores de crecimiento y el sustrato, siendo este el que se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 11: Prueba de análisis de Tukey de volumen de raíces (ml) comparando las interacciones entre regulador de crecimiento y proporciones de sustratos.

<b>Hormona</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Auxinas	(70% - 30%)	111.67	3	2.55	A
*Lixiviado	(30% - 70%)	110.00	3	2.55	A
Lixiviado	(70% - 30%)	90.00	3	2.55	B
Auxinas	(30% - 70%)	78.33	3	2.55	B C
Lixiviado	(50% - 50%)	76.67	3	2.55	C
Citoquininas	(30% - 70%)	70.00	3	2.55	C D
Citoquininas	(50% - 50%)	68.33	3	2.55	C D
Auxinas	(50% - 50%)	61.67	3	2.55	D
Citoquininas	(70% - 30%)	61.67	3	2.55	D

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

\* Testigo Relativo

Los resultados expresados en el cuadro 11 del experimento indican que las auxinas tuvieron un efecto positivo en cuanto al volumen de las raíces de las plantas, esto demostrado con el sustrato 70%-30% de arena-suelo utilizado. Las plantas tratadas con lixiviado y el sustrato (30% - 70%) tuvieron una media de volumen de 110 ml siendo este el testigo relativo, mientras que las plantas tratadas con auxinas y un sustrato (70% - 30%) tuvieron una media de 111.67 ml de volumen de raíces.

La citoquinina también tuvo un efecto positivo en el aumento de volumen de raíces de las plantas, pero su efecto fue menor que el de la auxina y lixiviado. Las plantas tratadas con auxinas y un sustrato (50% - 50%) tuvieron una media de volumen de 61.67 ml, mientras que las plantas tratadas con citoquinina y un sustrato (30% - 70%) tuvieron una media de 70 ml de engrose.

En general, los resultados según el cuadro 11 del experimento indican que el regulador de crecimiento auxina y el sustrato de 70% arena y 30% suelo es más efectiva para promover el aumento de volumen de raíces de las plantas.

**Para centrar la información, se puede concluir previamente lo siguiente:**

Los mejores resultados obtenidos en el experimento que fue establecido en cuanto a la altura y el aumento del volumen de raíces de las plantas fueron aquellos tratamientos tratados con auxina y un sustrato de 70% arena y 30% suelo tuvieron una media de altura de 67.67 cm, lo que representa un aumento de 6.42% con respecto al tratamiento control/testigo (lixiviado y un sustrato 30% arena y 70% suelo con 63.33 cm); mientras que de la variable volumen tuvieron una media de raíces de 111.67 ml, lo que representa un aumento de 1.5% con respecto al tratamiento control/testigo (lixiviado y un sustrato de 30% arena y 70% suelo con un volumen de raíces de 110 ml).

De forma general, los resultados del experimento de aplicación de reguladores de crecimiento indican que el lixiviado de humus de lombriz y la auxina fueron los reguladores de crecimiento más efectivos para promover el engrose de tallo y el aumento de volumen de raíces de las plantas, respectivamente.

En el caso del lixiviado de humus de lombriz, este regulador de crecimiento es una fuente de nutrientes, hormonas y otras sustancias que promueven el crecimiento de las plantas (INIFAP, 2021). Las hormonas auxinas, por ejemplo, son responsables del crecimiento celular y de la elongación de los tallos (MAI, 2018). En el experimento, las plantas que recibieron lixiviado de humus de lombriz tuvieron un tallo más grueso que las plantas que no recibieron este regulador de crecimiento. Esto se debe a que el lixiviado de humus de lombriz contiene auxinas, que promueven el crecimiento celular y la elongación del tallo.

En el caso de la auxina, esta hormona es responsable del crecimiento de las raíces (MAI, 2018). En el experimento, las plantas que recibieron auxina tuvieron un mayor volumen de raíces que las plantas que no recibieron esta hormona. Esto se debe a que la auxina promueve la división celular y el crecimiento de las raíces.

Los resultados del experimento también indican que el sustrato de 50% arena y 50% suelo es más efectivo para promover el engrose de tallo que el sustrato de 70% arena y 30% suelo.

Esto se debe a que el sustrato de 50% arena y 50% suelo tiene una mejor retención de humedad que el sustrato de 70% arena y 30% suelo. La humedad es un factor importante para el crecimiento de las plantas, ya que las plantas necesitan agua para realizar sus funciones vitales.

**3. Para dar respuesta en cuanto al objetivo número tres sobre: Estimar el análisis de costos de los tratamientos, para determinar el más factible y accesible para la finca, en patrones de plantas de *M. integrifolia*.}**

**3.1. Todos los costos directos e indirectos que se generaron a partir del establecimiento del experimento.**

Hay que hacer un análisis de costos para determinar si el mejor resultado obtenido en el experimento es también el más rentable. El costo de los reguladores de crecimiento y los sustratos pueden variar, por lo que es importante comparar los costos de los diferentes tratamientos para determinar cuál es el más económico.

Además, el análisis de costos debe considerar otros factores, como la disponibilidad de los materiales y la facilidad de aplicación de los tratamientos. Por ejemplo, el lixiviado es un producto natural que puede ser más fácil de obtener y aplicar que los reguladores de crecimiento hormonales.

En base al análisis de los datos mostrados, se puede concluir que el mejor resultado obtenido en el experimento es el crecimiento y el aumento del volumen de raíces de las plantas. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de costos para determinar si este tratamiento también es el más rentable.

Aquí hay algunos factores que se tomaron en consideración en el análisis de costos:

1. Costo de los reguladores de crecimiento: Las auxinas son generalmente más caras que los lixiviados.
2. Costo de los sustratos: El sustrato de 70% arena y 30% suelo es más caro que el sustrato de 30% arena y 70% suelo.

3. Disponibilidad de los materiales: Los lixiviados pueden ser más fáciles de obtener que los reguladores de crecimiento hormonales.
4. Facilidad de aplicación de los tratamientos: El lixiviado es más fácil de aplicar que los reguladores de crecimiento hormonales.

Al considerar estos factores, se puede determinar cuál fue el tratamiento más rentable para el crecimiento longitudinal y el aumentar el volumen de raíces de las plantas.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y en consideración cada uno de los factores para el análisis de costos, a continuación, en los siguientes cuadros se muestra la interpretación por tratamientos.

Cuadro 12: Resultados económicos en cuanto al uso de un sustrato 70% arena - 30% suelo junto con lixiviado y auxinas en plantas de macadamia de finca Patzulín.

<b>Sustrato</b>	70% arena - 30% suelo	70% arena - 30% suelo
<b>Regulador de crecimiento</b>	Lixiviado	Auxina
<b>INDICADORES</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Costo Total de Producción	Q 274,276.91	Q 294,295.16
Volumen de Producción	25,600.00	25,600.00
Costo Unitario Promedio	Q 10.71	Q 11.50
Margen de Utilidad Unitaria	7.29	6.50
Precio Promedio de Venta en finca	Q 18.00	Q 18.00
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	Q 460,800.00	Q 460,800.00
Utilidad Total de Producción	Q 186,523.09	Q 166,504.84
Índice de Rentabilidad (%)	68%	57%
Relación Beneficio / Costo	1.68	1.57

Cuadro 13: Resultados económicos en cuanto al uso de un sustrato 30% arena - 70% suelo junto con lixiviado y auxinas en plantas de macadamia de finca Patzulín.

<b>Sustrato</b>	30% arena - 70% suelo	30% arena - 70% suelo
<b>Regulador de crecimiento</b>	Lixiviado	Auxina
<b>INDICADORES</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Costo Total de Producción	Q 274,276.91	Q 294,295.16
Volumen de Producción	25,600.00	25,600.00
Costo Unitario Promedio	Q 10.71	Q 11.50
Margen de Utilidad Unitaria	7.286058199	6.504095309
Precio Promedio de Venta en finca	18	18
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	Q 460,800.00	Q 460,800.00
Utilidad Total de Producción	Q 186,523.09	Q 166,504.84
Índice de Rentabilidad (%)	68%	57%
Relación Beneficio / Costo	1.68	1.57

Los cuadros 12 y 13 muestran los resultados de un análisis económico de dos tratamientos diferentes para el crecimiento de plantas: el uso de lixiviado y el uso de auxina. Los tratamientos se realizaron con dos proporciones diferentes de sustratos de arena y suelo: 70% arena y 30% suelo, y 30% arena y 70% suelo.

En general, según los resultados de los cuadros 12 y 13 del análisis indican que el tratamiento con lixiviado es más rentable que el tratamiento con auxina.

En el tratamiento con lixiviado con sustrato de 70% arena y 30% suelo, el costo total de producción fue de Q274,276.91, el volumen de producción fue de 25,600 unidades, el costo unitario promedio fue de Q10.71, el margen de utilidad unitario fue de Q7.29, el precio promedio de venta fue de Q18.00, el valor bruto de la producción (ingresos) fue de Q460,800.00, la utilidad total de producción fue de Q186,523.09, el índice de rentabilidad (%) fue de 68% y la relación beneficio / costo fue de 1.68 lo que indica que por cada Q100 invertidos en el tratamiento, se obtuvieron Q68 de utilidades o Q168 de ingresos.

En el tratamiento con auxina con sustrato de 70% arena y 30% suelo, el costo total de producción fue de Q294,295.16, el volumen de producción fue de 25,600 unidades, el costo unitario promedio fue de Q11.50, el margen de utilidad unitario fue de Q6.50, el precio promedio de venta fue de Q18.00, el valor bruto de la producción (ingresos) fue de Q460,800.00, la utilidad total de producción fue de Q166,504.84, el índice de rentabilidad (%) fue de 57% y la relación beneficio / costo fue de 1.57.

En comparación con el tratamiento con lixiviado, el tratamiento con auxina tiene un costo total de producción 7.4% mayor, un volumen de producción igual, un costo unitario promedio 8.1% mayor, un margen de utilidad unitario 11.2% menor, un precio promedio de venta igual, un valor bruto de la producción (ingresos) igual, una utilidad total de producción 10.6% menor, un índice de rentabilidad (%) 15.7% menor y una relación beneficio / costo 6.1% menor.

Por lo tanto, el tratamiento con lixiviado fue más rentable que el tratamiento con auxina en todos los indicadores económicos analizados.

Además, el tratamiento con lixiviado tiene un costo total de producción menor que el tratamiento con auxina, lo que lo hace más atractivo desde el punto de vista económico.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Las plantas tratadas con auxina (70% - 30%) tuvieron una media de 67.67 cm de altura, mientras que las plantas tratadas con lixiviado (70% - 30%) tuvieron una media de 66.67 cm de altura. Ambos tratamientos fueron significativamente diferentes a los tratamientos control (auxina (30% - 70%) y lixiviado (30% - 70%)), que tuvieron medias de 61.33 cm y 63.33 cm de altura, respectivamente.
2. En cuanto al grosor, los resultados del ANOVA muestran que hay una diferencia significativa entre los tres grupos de tratamiento, con las plantas tratadas con lixiviado creciendo más gruesas que las plantas no tratadas.
3. La  $R^2$  de la variable grosor fue de 0.61, lo que indica que el modelo puede explicar el 61% de la variación en el grosor de las plantas.
4. De acuerdo con los resultados del experimento, el tratamiento con auxinas y un sustrato de 70% arena y 30% suelo obtuvo el mejor volumen de raíces, con una media de 111.67 ml.
5. El tratamiento fue seguido por el tratamiento con lixiviado y un sustrato de 30% arena y 70% suelo, con una media de 110 ml.
6. El tratamiento con citoquinina y un sustrato de 30% arena y 70% suelo obtuvo el peor volumen de raíces, con una media de 70 ml.
7. El tratamiento con lixiviado tiene un costo total de producción de Q274,276.91, mientras que el tratamiento con auxina tiene un costo total de producción de Q294,295.16. Esta diferencia de Q20,018.25 representa un aumento del 7.4%.
8. En términos de rentabilidad, el tratamiento con lixiviado tiene un índice de rentabilidad (%) de 68%, mientras que el tratamiento con auxina tiene un índice de

rentabilidad (%) de 57%. Esta diferencia de 11.2% representa un porcentaje menor de utilidad por cada Q100 invertidos en el tratamiento.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere que la finca San Vicente Patzulín y Anexos S. A., El Palmar, utilizar el uso de lixiviado y un sustrato de 70% arena y 30% suelo es considerado rentable, debido a que la utilidad unitaria de este con el lixiviado es de Q7.29 en comparación al utilizado con auxinas, que la utilidad unitaria de este es de Q6.50.
2. También se puede considerar la utilización del uso de lixiviado, pero con el uso de un sustrato de 30% arena y 70% suelo debido a que también es considerado rentable, la utilidad unitaria de este es de Q7.28, mientras que si se hiciera con el uso de auxinas la utilidad unitaria sería de Q6.50.
3. Es conveniente continuar el estudio del impacto del tratamiento 70% arena – 30% suelo y las auxinas en otros factores, pudiendo ser estos la resistencia a las enfermedades y plagas, el efecto con diferentes niveles de riego y fertilización, entre otros.

## X. REFERENCIAS

- AGRAN. (2020). *Auxinas: ¿Qué son y para qué se utilizan?*. <https://agran.es/auxinas-que-son-y-para-que-se-utilizan/>
- Asociación Nacional del Café. (ANACAFÉ). (2005). *Cultivo de la nuez de Macadamia*. Guatemala.  
<http://www.anacafe.com.gt/php?pid=cultivo+de+la+nuez+demacadamia>
- Andina, J. (2020). *Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura*.  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S230838592020000200007&script=sci\\_arcttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S230838592020000200007&script=sci_arcttext)
- Antama, F. (2017). *La hormona vegetal citoquinina regula el crecimiento y desarrollo de las plantas*. <https://fundacion-antama.org/la-hormona-vegetal-citoquinina-regula-el-crecimiento-y-desarrollo-de-las-plantas/>
- AZETA S.A. (2006). *Macadamia*. <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/macadamia-900122.html>
- 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*. Palmar, Quetzaltenango. [Trabajo de Graduación de Agronomía]. Universidad Rafael Landívar
- Calderón, G. (2006). *Flora del Bajío y regiones adyacentes. Familia Proteaceae*.  
<http://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>
- Castrillón, J. C., Carvajal, E., Ligarreto, G., y Magnitskiy, S. (2008). *El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (Vaccinium meridionale Swartz) en diferentes sustratos*. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314729003.pdf>
- Cherfas, J. (1999). *Guía para la selección de Semillas*. Granada: Huerta Comunitaria.  
[http://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/guia\\_semillas1.pdf](http://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/guia_semillas1.pdf)

- COCOON. (2015). *Húmus líquido de lombriz, Ficha Técnica*. <http://cocoonthumus.com/wp-content/uploads/2015/08/Ficha-Tecnica-Cocoonthumus-Humus-Liquido.pdf>
- De la Cruz, R. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. MAGA, Inafor, Unidad de Evaluación y Promoción, Digesa
- De León, R. (2018). *Informe final de actividades realizadas en el cultivo de macadamia M. integrifolia en finca Patzulín, El Palmar, Quetzaltenango*. [Informe nivel Técnico]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Mazatenango, Suchitepéquez
- Díaz, C. (2015). *Evaluación de injertos de Macadamia (Macadamia integrifolia) en patrones de distintas edades*. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Díaz-Carlos.pdf>
- Felix, I. (2018). *Reguladores de crecimiento ¿Qué son los enraizadores?*. <https://blogdefagro.com/2018/08/17/que-son-los-enraizadores/>
- Férrandez, H. (2023). *Administración agrícola: Texto de apoyo al curso*. Universidad San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Sur Occidente, Mazatenango, Suchitepéquez, Guatemala
- Fichet, T. (2018). *Uso de Citoquininas de Síntesis Vía Riego para Mejorar el Desarrollo Radical en Uva de Mesa var. Red Globe*. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/uso-de-citoquininas-para-mejorar-el-desarrollo-radical-en-uva?p=registro>
- Finca Patzulín. (2018). *Datos de temperaturas de estación meteorológica de la finca*
- Finca Patzulín. (2022). *Anexos de finca San Vicente Patzulín*. Departamento de Administración, El Palmar, Quetzaltenango
- Hadden, P., Sponsel, V., y Peacock, B. (2015). *Hormonas Vegetales*. <https://www.studysmarter.es/resumenes/biologia/reino-vegetal/hormonas-vegetales/#:~:text=Las%20funciones%20consideradas%20principales%20para,la%20ca%C3%ADda%20de%20las%20hojas>

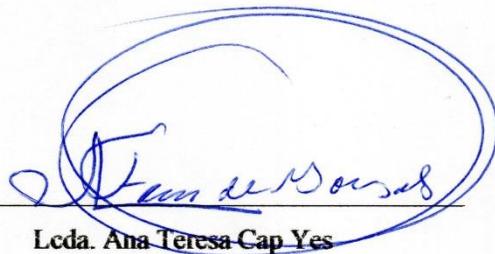
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2005). *Guía técnica de semilleros y viveros frutales*. <http://repiica.iica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2021). *Reunión nacional de Investigación Agrícola*. [http://reunionescientificas2021.inifap.gob.mx/\\_media/CONVOCATORIAS/MEMORIA\\_AGR%C3%8DCOLA.pdf](http://reunionescientificas2021.inifap.gob.mx/_media/CONVOCATORIAS/MEMORIA_AGR%C3%8DCOLA.pdf)
- Miranda, M. (2021). Proceso de siembra de plántulas de macadamia. <https://youtu.be/S3PPrnRXid8>: <https://www.youtube.com/watch?v=S3PPrnRXid8>
- Moreno, H., Gisbert, J., y Ibáñez, S. (2012). *La Estructura de un Suelo*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8010/estructura.pdf>
- Porta, H., y Jiménez, G. (2019). *Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2019000100201](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2019000100201)
- Reyes, M., y Lavín, A. (2014). *Macadmia (Macadamia tetraphylla L.)*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7849/NR40208.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Rodríguez, R. (2010). *Manual de prácticas de viveros forestales*. [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI\\_IntGenAmb/Rodri\\_Laguna/2.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/2.pdf)
- Simmons, Ch.S., Tárano, T., J.M. y Pinto, Z., J. H. (1960). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. <https://biblioteca.ufm.edu/library/index.php?title=1014608&lang=&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@field1=encabezamiento@value1=AGRICULTURA%20MAPAS%20GUATEMALA%20@mode=advanced&recnum=14&mode=advanced>

Sol, G. (2011). *Manual técnico para productores de nuez de macadamia*.  
<http://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>

Tobias, H., y Lara, E. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala*.  
<https://www.maga.gov.gt/download/clasificacion-suelo.pdf>

Verdecora. (2018). *Cómo usar el humus de lombriz correctamente*.  
<https://verdecora.es/blog/como-usar-humus-lo-mbriz-correctamente>

Vo.Bo.



Lcda. Ana Teresa Cap Yes

Bibliotecaria CUNSUROC.



## XI. ANEXOS

**AGROLABORATORIO**  
**CERES**  
 CIENCIA Y PRACTICA

2ª. Avenida 5-54 zona 9  
 Guatemala  
 Teléfono (502) 2332 6362  
 E-mail: [labceresquate@gmail.com](mailto:labceresquate@gmail.com)

### INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS

INTERESADO: INDUSTRIA GUATEMALTECA DE MACADAMIA	DOC. ACIL-615-22
FINCA: SAN VICENTE PATZULIN	PROF.
ALMACIGO	FECHA: 10-06-2022
MUNICIPIO EL PALMAR	DEPTO. QUETZALTENANGO

NUTRIENTES	
Nitrógeno N-total (%)	5.53
Fósforo P (%)	0.11
Potasio K (%)	0.90
Calcio Ca (%)	5.59
Magnesio Mg (%)	0.72
Azufre S (%)	4.29
Sodio Na (%)	1.41
Hierro Fe (mg/kg)	710.00
Cobre Cu (mg/kg)	1.80
Manganeso Mn (mg/kg)	0.00
Zinc Zn (mg/kg)	6.30
Boro B (mg/kg)	0.30
pH	6.80
C.e. (dS/m)	1.677
M.O. (%)	0.39
C/N	0.04

Ref. 22-994

El presente Informe representa únicamente las características analizadas en la muestra enviada al laboratorio.

Ing. Agr. María Margarita Hurtarte  
 Especialista en Análisis de suelos, plantas y  
 Fisiología Vegetal

USE RACIONALMENTE EL SUELO, HÁGALE ANÁLISIS, CONSERVEMOS LA NATURALEZA

Figura 3: Informe de análisis de humus de lombriz producido en finca Patzulín.

Fuente: (Finca Patzulín, 2022)



Figura 4 Siembra de semillas de porta injerto de *M. integrifolia* de finca Patzulín.



Figura 5: Mezcla de suelo 30% arena y 70% suelo en vivero de finca Patzulín.



Figura 6: Selección y trasplante de plantas de porta injerto de *M. integrifolia* en finca Patzulín.



Figura 7: Primera aplicación foliar de plantas de porta injerto de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 8: Aplicación de hormonas y lixiviado de lombrices en plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 9: Segunda aplicación de hormonas a plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 10: Segundo mes de después de trasplante de las plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 11: Tercera aplicación de hormonas y lixiviado a las plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 12: Tercer mes de crecimiento de las plantas de *M. integrifolia* finca Patzulín.



Figura 13: Cuarto mes de crecimiento de las plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 14: Sexto mes de crecimiento de plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.



Figura 15: Noveno mes de crecimiento de plantas de *M. integrifolia*, finca Patzulín.

Cuadro 14: Primer levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 13/09/2022

	Bloque 1				Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas				
Tratamiento 1	1	16	6	16	17	6	19	21.3	6	18	21.5	12	6.5	4
	2	17.7	5.3	14	19.5	6	15	20	4	18				
	3	12	4	16	12	4.5	11	15	6	18				
	4	21.5	6	14	21.1	5.5	20	20.3	6.5	18				
	5	16	6	14	17.4	4	15	14.4	5.5	13				
Tratamiento 2	1	17	5	12	12.5	5	13	10	3	6	32	8	6	3
	2	23	6	20	8	5	11	15.3	6	8				
	3	26	6	20	10	4	7	16	4	15				
	4	22.5	6	22	14	4	10	17.5	6	17				
	5	32	6	23	9.5	4	6	13	5	10				
Tratamiento 3	1	14	5	12	18	6	13	20.2	6	19	20.5	11	6	3
	2	11	3	14	18.3	5	13	14.3	5.5	15				
	3	13.5	5	16	20.5	6	18	19.3	6	17				
	4	17.5	5	16	15.5	5	11	12.5	4	11				
	5	13.3	4	14	14.5	4	14	19	4	6				
Tratamiento 4	1	14.5	6	16	18.5	6.5	17	19	5	15	24.5	13.7	6.5	4
	2	23	6	24	15.5	4	20	15.5	4	12				
	3	15.5	5	11	18	5	19	24.5	6	16				
	4	13.7	5	16	14	5	8	18	6	16				
	5	19	5.5	17	21	5	20	18.9	6	17				
Tratamiento 5	1	20.4	5	16	14.5	5	15	17	5	12	20.4	11	6	3.5
	2	17	3.5	11	17	5	15	13.5	5	12				
	3	19.5	4	11	15.5	5	20	17.5	5	15				
	4	18	4	12	13.5	4	18	11	4	14				
	5	18	5	15	14.3	5	12	18	6	16				
Tratamiento 6	1	17.5	6.5	16	16.5	6.5	15	15.3	4	14	18	12	6.5	4
	2	14	6	14	15.5	4	12	12	5	13				
	3	12.5	6	22	18	5	12	14.3	5	3				
	4	13.5	5	16	13.5	4	12	14	5	17				
	5	17.5	5.5	14	14	4	15	16.5	4	17				
Tratamiento 7	1	19.3	5	20	18	6	16	14	4	11	21	14	6	4
	2	20.4	6	17	21	6	13	17.5	4	20				
	3	16.5	4.5	15	16.5	6	11	14.5	5	12				
	4	18.3	6	18	16.5	5	16	15	4	9				
	5	14.5	4.5	14	19	6	14	19	5	12				
Tratamiento 8	1	11.7	4.5	14	19.5	6	13	19	7	18	20.7	11	7	3
	2	13	5	11	15	4	10	13.5	3	13				
	3	12.5	5.5	17	20.7	5	14	19	6	18				
	4	19.8	6	18	17.5	6	13	16.5	5.5	16				
	5	11	4	8	13.5	5	14	17.7	5	18				
Tratamiento 9	1	17	4.5	13	15.5	5.5	15	18	3	12	23	8	6.5	3
	2	14.5	5	13	11.5	4	18	17	6	17				
	3	23	6	20	21	6.5	21	19.4	6	14				
	4	8	5	12	18	5.5	15	14	3	13				
	5	15	5	16	13	5	12	19.5	5	16				

Cuadro 15: Promedio de datos del cuadro 12 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero en macadamia de finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	16.64	5.46	14.8	17.4	5.2	16	18.2	5.6	17	17.41	5.42	15.93
Tratamiento 2	24.1	5.8	19.4	10.8	4.4	9.4	14.36	4.8	11.2	16.42	5.00	13.33
Tratamiento 3	13.86	4.4	14.4	17.36	5.2	13.8	17.06	5.1	13.6	16.09	4.90	13.93
Tratamiento 4	17.14	5.5	16.8	17.4	5.1	16.8	19.18	5.4	15.2	17.91	5.33	16.27
Tratamiento 5	18.58	4.3	13	14.96	4.8	16	15.4	5	13.8	16.31	4.70	14.27
Tratamiento 6	15	5.8	16.4	15.5	4.7	13.2	14.42	4.6	12.8	14.97	5.03	14.13
Tratamiento 7	17.8	5.2	16.8	18.2	5.8	14	16	4.4	12.8	17.33	5.13	14.53
Tratamiento 8	13.6	5	13.6	17.24	5.2	12.8	17.14	5.3	16.6	15.99	5.17	14.33
Tratamiento 9	15.5	5.1	14.8	15.8	5.3	16.2	17.58	4.6	14.4	16.29	5.00	15.13

Cuadro 16: Segundo levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 13/10/2022

		Bloque 1				Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas					
Tratamiento 1	1	19.5	7	17	17.1	4	15	22	7.5	21	24.5	12	8	4	
	2	22.3	7	17	24.5	8	24	22.5	7	22					
	3	12	4	16	14.8	6	14	15.5	7	17					
	4	19	6.9	12	19.8	6.5	18	22	6	18					
	5	16.3	8	20	19.2	7	24	16	6	15					
Tratamiento 2	1	30	8	22	10	5	7	20	6	17	30	10	8	4	
	2	30	8	30	13.6	6	12	16	6	9					
	3	27	7.5	22	17.5	5	15	17	5.6	17					
	4	23.5	6	20	10.6	4	12	19.5	7	19					
	5	19	4	12	15	6	14	15	7	14					
Tratamiento 3	1	16.5	4	14	14.2	4	16	22.5	6	19	23.7	11	8	4	
	2	21.3	8	20	17.5	6	15	17	5	13					
	3	12	7	18	20.8	7	20	20.8	7	20					
	4	11	4	16	19.2	7	16	14.3	5	16					
	5	15	6	14	23.7	6	19	19.5	5.5	17					
Tratamiento 4	1	19.5	6.5	19	19.4	7	19	14	3	5	26.1	14	7	3	
	2	18.3	5.5	19	15.3	6	18	18	7	14					
	3	15.8	5.5	11	18.6	5	19	24.3	6	18					
	4	26.1	7	26	15	6	10	16.8	7	14					
	5	17.3	7	20	22.6	6	22	17.5	6.5	15					
Tratamiento 5	1	17.5	6	15	15.4	6	18	19	6	16	22.2	12	6	3	
	2	17	5	17	22.2	6	19	12	5	14					
	3	19	5	9	18.5	5	22	17	6	15					
	4	14.3	3	12	14.35	5	18	13	6	12					
	5	18	6	18	17.2	5	17	19.2	6	14					
Tratamiento 6	1	19.8	6	16	17.1	6	18	15	6	17	23.7	13.8	7.5	3	
	2	21.5	6	20	22.2	4	15	15	5	17					
	3	21.8	7.5	21	19.3	4	14	14.8	5	13					
	4	18.5	6	18	15	3	13	13.8	6	16					
	5	23.7	7	19	14.5	5	14	17	4.5	15					
Tratamiento 7	1	21.5	5	20	18.4	6	15	13	3	11	21.5	11	7	3	
	2	21	7	20	21.1	6	15	18.7	7	18					
	3	16	6	15	18.3	6	13	18	7	16					
	4	19.3	7	21	16.3	5	15	14.5	4	7					
	5	17	6	16	11	4	10	19	5	14					
Tratamiento 8	1	12.3	5	14	21	5	14	20.8	6	21	24.5	12.3	7	4	
	2	14	7	13	18	5	14	14.6	4	13					
	3	16	6	22	24.5	6	18	18.5	6.5	18					
	4	22.3	7	22	18.3	6	14	18.1	6	17					
	5	13	4	10	14	5	14	19.2	6	17					
Tratamiento 9	1	16.5	6	13	17.3	5	16	22.8	4	17	28	11.5	8	4	
	2	14	6	10	13.5	5	22	17	5	17					
	3	28	8	23	22.8	7	23	22.5	7	18					
	4	11.5	6	16	17.5	5	15	17	4.5	12					
	5	18	5	20	12.2	6	14	22.5	7	21					

Cuadro 17: Promedio de datos del cuadro 14 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	17.82	6.58	16.4	19.08	6.3	19	19.6	6.7	18.6	18.83	6.53	18.00
Tratamiento 2	25.9	6.7	21.2	13.34	5.2	12	17.5	6.32	15.2	18.91	6.07	16.13
Tratamiento 3	15.16	5.8	16.4	19.08	6	17.2	18.82	5.7	17	17.69	5.83	16.87
Tratamiento 4	19.4	6.3	19	18.18	6	17.6	18.12	5.9	13.2	18.57	6.07	16.60
Tratamiento 5	17.16	5	14.2	17.53	5.4	18.8	16.04	5.8	14.2	16.91	5.40	15.73
Tratamiento 6	21.06	6.5	18.8	17.62	4.4	14.8	15.12	5.3	15.6	17.93	5.40	16.40
Tratamiento 7	18.96	6.2	18.4	17.02	5.4	13.6	16.64	5.2	13.2	17.54	5.60	15.07
Tratamiento 8	15.52	5.8	16.2	19.16	5.4	14.8	18.24	5.7	17.2	17.64	5.63	16.07
Tratamiento 9	17.6	6.2	16.4	16.66	5.6	18	20.36	5.5	17	18.21	5.77	17.13

Cuadro 18: Tercer levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 11/11/2022

		Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas				
Tratamiento 1	1	27	7	21	22	5	17	29	6	25	32	20	8	4
	2	30	7.5	20	32	8	28	29	7	26				
	3	22.5	7	20	20	6	17	22	6	20				
	4	23	7	17	26	6	24	30	7	23				
	5	21.5	7.5	25	24	8	25	26	4	21				
Tratamiento 2	1	41	9	29	10	3	6	30	6.5	18	41	10	9	3
	2	39	8	37	18	6	16	23	5	10				
	3	39	7	26	23	5	21	25	5	14				
	4	30	7	28	18	4	16	30	6	12				
	5	28	8.5	30	20	6	17	18	8	14				
Tratamiento 3	1	20	8	19	19	6	18	26	6	23	30	18	9	4
	2	28	8	24	26	6.5	18	22	6	18				
	3	21	7.9	22	28	7	26	29	6	21				
	4	18	5.5	19	27	7	22	20	4	13				
	5	24	6	18	30	9	26	23	6	18				
Tratamiento 4	1	25	7	25	28	7	23	18	6	20	32	18	7	5.5
	2	23	6	22	23	6	23	25	7	18				
	3	21	6	14	22	6	20	32	6	17				
	4	32	7	36	20	5.5	14	21	6	14				
	5	26	6	26	30	6	26	25	7	20				
Tratamiento 5	1	21	5	16	21	6	18	25	7	18	28	16	7	4
	2	21.5	6	20	28	6	23	18	6	19				
	3	17	6	12	22	6	30	20	5	15				
	4	16	4	11	23	5.5	21	17	5	14				
	5	26	6	23	20	4	16	21	6	18				
Tratamiento 6	1	25	7	21	23	8	21	20	5	18	31	19	9	4
	2	28	6	23	28	4	22	19	4	21				
	3	27.5	7	24	24	7	17	20	6	26				
	4	22	8	20	20	4	16	20	5	24				
	5	31	9	28	20	6	19	19	5	16				
Tratamiento 7	1	30	6	26	25	7	21	21	6	19	30	14	9	4
	2	25	8	23	29	7	21	24	6	22				
	3	28	6	23	23	8	20	22	7	20				
	4	26.5	9	26	24	6	18	17	4	11				
	5	20	6	20	14	5	10	23	6	17				
Tratamiento 8	1	18	5	18	25	6	19	30	8	30	30	17	8	5
	2	18.5	6	16	20	7	14	17	6	15				
	3	22	5.5	29	30	6	22	25	8	24				
	4	28	6	25	21	7	17	22	8	20				
	5	26	7	31	18	6	17	24	7	18				
Tratamiento 9	1	26.5	6.5	22	25	7	18	29	5	21	32	17	9	5
	2	22	6.5	18	17	5	22	29	7	20				
	3	32	9	28	30	7	25	30	8	24				
	4	23	6	20	25	6	18	18	5	14				
	5	26	7.5	21	21	7	20	29	6	22				

Cuadro 19: Promedio de datos de cuadro 16 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	24.8	7.2	20.6	24.8	6.6	22.2	27.2	6	23	25.60	6.60	21.93
Tratamiento 2	35.4	7.9	30	17.8	4.8	15.2	25.2	6.1	13.6	26.13	6.27	19.60
Tratamiento 3	22.2	7.08	20.4	26	7.1	22	24	5.6	18.6	24.07	6.59	20.33
Tratamiento 4	25.4	6.4	24.6	24.6	6.1	21.2	24.2	6.4	17.8	24.73	6.30	21.20
Tratamiento 5	20.3	5.4	16.4	22.8	5.5	21.6	20.2	5.8	16.8	21.10	5.57	18.27
Tratamiento 6	26.7	7.4	23.2	23	5.8	19	19.6	5	21	23.10	6.07	21.07
Tratamiento 7	25.9	7	23.6	23	6.6	18	21.4	5.8	17.8	23.43	6.47	19.80
Tratamiento 8	22.5	5.9	23.8	22.8	6.4	17.8	23.6	7.4	21.4	22.97	6.57	21.00
Tratamiento 9	25.9	7.1	21.8	23.6	6.4	20.6	27	6.2	20.2	25.50	6.57	20.87

Cuadro 20: Cuarto levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 14/12/2022

		Bloque 1				Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas					
Tratamiento 1	1	30	8	23	30	0.7	20	32	6	29	36	23	10	0.7	
	2	36	7.5	23	31	8.5	30	34	7	26					
	3	33.5	10	28	23	6.5	19	28	7	28					
	4	28	7	18	31	8.5	28	30	7.5	31					
	5	26	7	24	31	9	31	28	6	28					
Tratamiento 2	1	36	5	26	18	6	14	19	6	19	40	17	11	4.5	
	2	40	11	29	24	7	16	20	4.5	16					
	3	38	8.5	35	23	6.5	17	24	6	20					
	4	39	9.5	28	20	7	16	26	7	16					
	5	35	10	26	24	7.5	19	17	5	14					
Tratamiento 3	1	26	7.5	24	25	5	26	23	3	8	35	18	9	3	
	2	33	9	28	28	8	21	21	8	19					
	3	29	8	34	30	9	30	28	8.5	26					
	4	18	5	20	30	8	28	23	7.5	18					
	5	35	6.5	24	30	7	25	30	6	24					
Tratamiento 4	1	28	9	25	36	8	30	26	5	26	40	21	9.5	5	
	2	27	8	24	23	7	16	28	8	22					
	3	26	7.5	17	27	7	24	31	7.5	21					
	4	40	9.5	35	21	6	23	24	7	18					
	5	25	8.5	26	28	6	23	27	6.5	22					
Tratamiento 5	1	27	8	21	20	5	8	28	6	21	30	19	8	4.5	
	2	24	6.5	17	22	7	22	21	5	20					
	3	20	5	15	28	8	29	24	4.5	17					
	4	19	6	14	30	7	22	19	5	18					
	5	29	8	23	20	6	18	24.5	5	18					
Tratamiento 6	1	28	8	22	24	7	21	28	5.5	20	36	19	10	5	
	2	33	6	27	30	7	20	22.5	5	21					
	3	31	8	29	30	7	19	19	6.5	14					
	4	26	8	21	20	5	18	21	6	19					
	5	36	10	28	26	7	21	20	6	19					
Tratamiento 7	1	14	5	12	29	6.5	22	21	6	17	34	14	9	4	
	2	31	8	30	22	6	21	16	4	13					
	3	34	7	27	24	9	16	25.5	8	20					
	4	32	7	26	33	7	22	25	6	25					
	5	32	6	26	28	6.5	28	34	8	26					
Tratamiento 8	1	19	6	14	22	7.5	18	34	6	24	39	19	9	5	
	2	37	6.5	33	26	8	18	25	8.5	21					
	3	36	6	33	39	8.5	27	28	8	24					
	4	21	9	19	24	7	13	23	5	19					
	5	26	8	23	29	8	22	30	6.5	32					
Tratamiento 9	1	26	6.5	27	22	8	22	33	8	21	37	17.5	9.5	3	
	2	21	7	24	25	7.5	16	17.5	6	17					
	3	37	9.5	30	36	7	28	30	9	24					
	4	29	6.5	26	23	6	30	34	7	25					
	5	24	5	17	29	7	23	29	3	18					

Cuadro 21: Promedio de datos de cuadro 18 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	30.7	7.9	23.2	29.2	6.64	25.6	30.4	6.7	28.4	30.10	7.08	25.73
Tratamiento 2	37.6	8.8	28.8	21.8	6.8	16.4	21.2	5.7	17	26.87	7.10	20.73
Tratamiento 3	28.2	7.2	26	28.6	7.4	26	25	6.6	19	27.27	7.07	23.67
Tratamiento 4	29.2	8.5	25.4	27	6.8	23.2	27.2	6.8	21.8	27.80	7.37	23.47
Tratamiento 5	23.8	6.7	18	24	6.6	19.8	23.3	5.1	18.8	23.70	6.13	18.87
Tratamiento 6	30.8	8	25.4	26	6.6	19.8	22.1	5.8	18.6	26.30	6.80	21.27
Tratamiento 7	28.6	6.6	24.2	27.2	7	21.8	24.3	6.4	20.2	26.70	6.67	22.07
Tratamiento 8	27.8	7.1	24.4	28	7.8	19.6	28	6.8	24	27.93	7.23	22.67
Tratamiento 9	27.4	6.9	24.8	27	7.1	23.8	28.7	6.6	21	27.70	6.87	23.20

Cuadro 22: Quinto levantamiento de datos de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 2/02/2023

		Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas				
Tratamiento 1	1	38	11	28	32	6	36	34	7	41	47	27	11	6
	2	40	10	35	47	11	24	35	9	29				
	3	41	10.5	23	27	6.5	19	30	8	39				
	4	38	9	40	39	11	25	40	8.5	27				
	5	36	10	27	39	9	36	36	7	28				
Tratamiento 2	1	48	10	38	19	7.5	26	31	8	21	50	19	11	5
	2	41	11	26	27	7	24	35	8.5	24				
	3	49	9	18	36	6	40	34	6.5	29				
	4	50	8	40	22	7	20	31	8.5	32				
	5	35	7.5	27	35	7.5	38	25	5	25				
Tratamiento 3	1	28	8.5	20	20	6	18	27	5.5	31	41	20	10	3
	2	41	10	34	33	7	21	25	6	37				
	3	35	8	38	40	10	25	37	7	26				
	4	20	3	32	33	6	39	30	8	18				
	5	39	8.5	25	35.5	8	38	32	8.5	36				
Tratamiento 4	1	33	7	20	44	7.5	42	20	5	27	50	20	10	5
	2	29	9	25	26	6.5	31	38	9	36				
	3	34	9.5	40	35	7.5	19	34	9	28				
	4	50	10	25	28	6.5	19	27	6.5	26				
	5	30	7	30	30	8	28	33	10	27				
Tratamiento 5	1	20	5	27	23	8	38	32	6.5	21	38	20	10	5
	2	32	7.5	42	27	8.5	21	25	5	24				
	3	30	7	38	23	6	33	26	5.5	31				
	4	23	7	33	38	8	40	29	7	42				
	5	34	10	24	25	6	40	28	6.5	37				
Tratamiento 6	1	39	8	19	33	8	40	29	7	33	45	20	9.5	6
	2	40	8.5	42	35	6	21	30	7.5	24				
	3	39	9	36	33	7	34	25	6.5	32				
	4	34	8.5	38	20	6.5	35	26	7.5	30				
	5	45	9.5	26	37	9	36	28	7	20				
Tratamiento 7	1	17	5	42	38	8	36	26	5	31	49	17	9.5	4
	2	40	9	39	27	6	37	19	4	40				
	3	49	8	21	31	7	35	32	8	39				
	4	37	9.5	21	36	7.5	24	31	7	20				
	5	40	8.5	21	32	6	27	27	6	40				
Tratamiento 8	1	21.3	6	42	30	7	24	39	8	30	45	21.3	10	5.5
	2	25.5	6.5	25	38	9	31	29	8.5	25				
	3	33	5.5	39	45	10	22	34	8.5	38				
	4	27	7	27	31	7.5	25	29	6.5	30				
	5	30	6	30	33	8	26	43	10	30				
Tratamiento 9	1	31	9	30	23	7	36	42	9	30	42	23	10	6.5
	2	23	7	36	34	9	38	26	7	42				
	3	42	9.5	34	37	10	31	39	9.5	28				
	4	30	10	30	29	8	18	38	9	26				
	5	27	7	29	35	6.5	25	32	7.5	19				

Cuadro 23: Promedio de datos de cuadro 20 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	38.6	10.1	30.6	36.8	8.7	28	35	7.9	32.8	36.80	8.90	30.47
Tratamiento 2	44.6	9.1	29.8	27.8	7	29.6	31.2	7.3	26.2	34.53	7.80	28.53
Tratamiento 3	32.6	7.6	29.8	32.3	7.4	28.2	30.2	7	29.6	31.70	7.33	29.20
Tratamiento 4	35.2	8.5	28	32.6	7.2	27.8	30.4	7.9	28.8	32.73	7.87	28.20
Tratamiento 5	27.8	7.3	32.8	27.2	7.3	34.4	28	6.1	31	27.67	6.90	32.73
Tratamiento 6	39.4	8.7	32.2	31.6	7.3	33.2	27.6	7.1	27.8	32.87	7.70	31.07
Tratamiento 7	36.6	8	28.8	32.8	6.9	31.8	27	6	34	32.13	6.97	31.53
Tratamiento 8	27.36	6.2	32.6	35.4	8.3	25.6	34.8	8.3	30.6	32.52	7.60	29.60
Tratamiento 9	30.6	8.5	31.8	31.6	8.1	29.6	35.4	8.4	29	32.53	8.33	30.13

Cuadro 24: Sexto levantamiento de datos de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 17/02/2023

		Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas				
Tratamiento 1	1	46	12	22	48	8	40	45	9	39	68	40	19	8
	2	46	13	33	68	11	26	46	12	42				
	3	53	19	36	42	8.5	24	40	10	32				
	4	58	10	32	55	16	37	50	10	34				
	5	48	10	27	44	10	22	43	9	23				
Tratamiento 2	1	53	14	27	30	7	31	46	9	33	57	19	14	3
	2	55	12	25	42	10	30	54	11	32				
	3	52	11	42	51	10.5	25	19	3	25				
	4	57	9	26	33	10	38	38	9	25				
	5	41	8	37	57	10	37	32	8	23				
Tratamiento 3	1	60	11	26	23	6	25	23	7	30	60	23	80	6
	2	50	9	39	41	9	36	27	8	40				
	3	41	10	29	53	12	42	47	9	37				
	4	53	80	33	39	12	27	41	8	34				
	5	52	10	25	45	11	38	39	9	33				
Tratamiento 4	1	43	11	23	57	1	28	35	10	32	63	28	12	1
	2	42	10	25	35	7	25	43	11	32				
	3	47	9	25	44	10	31	48	10	33				
	4	63	12	40	33	7	38	28	8	41				
	5	36	8	29	32	10.5	40	46	10	35				
Tratamiento 5	1	21	6	33	30	5	32	34	9	26	50	21	10	3
	2	43	7	37	45	9	41	29	6	30				
	3	38	8	40	34	8	40	29	7	40				
	4	32	6	42	50	10	41	41	9	38				
	5	27	6	42	34	8	27	36	3	27				
Tratamiento 6	1	56	10	42	41	7	41	32	8	27	56	30	13	7
	2	54	8	35	44	7	39	36	8	29				
	3	55	10	39	48	8	22	30	7	28				
	4	49	10	29	42	9	35	33	10	29				
	5	54	12	22	56	13	22	34	8	40				
Tratamiento 7	1	25	6	27	48	10	27	56	11	34	56	25	11	6
	2	53	10	39	36	8	41	32	8	22				
	3	54	9	34	41	10	38	42	10	35				
	4	50	11	38	50	9	30	45	9	32				
	5	49	9	39	37	8	35			38				
Tratamiento 8	1	34	6	38	43	10	28	48	11	30	68	30	11	6
	2	39	8	27	47	10	29	41	9	27				
	3	47	10	32	68	10	41	40	11	40				
	4	39	8.5	42	30	7	36	37	7	34				
	5	40	8	36	45	9	22	63	11	42				
Tratamiento 9	1	38	9	38	38	12	25	57	10	38	59	26	12	6
	2	32	9.5	28	26	6	23	39	8	38				
	3	53	11	26	59	11	26	49	8	36				
	4	40	10	22	32	8	29	48	10	35				
	5	33	7	36	46	9	27	40	8	29				

Cuadro 25: Promedio de datos de cuadro 22 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	50.2	12.8	30	51.4	10.7	29.8	44.8	10	34	48.80	11.17	31.27
Tratamiento 2	51.6	10.8	31.4	42.6	9.5	32.2	37.8	8	27.6	44.00	9.43	30.40
Tratamiento 3	51.2	24	30.4	40.2	10	33.6	35.4	8.2	34.8	42.27	14.07	32.93
Tratamiento 4	46.2	10	28.4	40.2	7.1	32.4	40	9.8	34.6	42.13	8.97	31.80
Tratamiento 5	32.2	6.6	38.8	38.6	8	36.2	33.8	6.8	32.2	34.87	7.13	35.73
Tratamiento 6	53.6	10	33.4	46.2	8.8	31.8	33	8.2	30.6	44.27	9.00	31.93
Tratamiento 7	46.2	9	35.4	42.4	9	34.2	43.75	9.5	32.2	44.12	9.17	33.93
Tratamiento 8	39.8	8.1	35	46.6	9.2	31.2	45.8	9.8	34.6	44.07	9.03	33.60
Tratamiento 9	39.2	9.3	30	40.2	9.2	26	46.6	8.8	35.2	42.00	9.10	30.40

Cuadro 26: Séptimo levantamiento de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 31/03/2023

		Bloque 1				Bloque 2			Bloque 3			Altura máxima	Altura mínima	Grosor máximo	Grosor mínimo
	No. Planta	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas					
Tratamiento 1	1	46	12	25	49	12	45	46	10	45	66	38	14.2	10	
	2	49	12	37	66	13	31	49	13	48					
	3	62	13	41	43	10.5	29	38	10	38					
	4	62	10	37	63	12.8	42	47	10.5	40					
	5	62	11	32	56	14.2	32	50	11	29					
Tratamiento 2	1	60	15	31	28	9	38	36	10	40	66	23	15	8	
	2	56	13	29	38	10	37	38	11	39					
	3	59	13	46	54	11	32	23	9	32					
	4	66	11	32	34	11	45	46	9	32					
	5	41	9	38	62	11	44	37	8	30					
Tratamiento 3	1	57	10	32	24	6	32	30	7	38	59	24	13.9	6	
	2	59	13	45	38	11	42	30	8	49					
	3	58	10	34	54	13	49	47	11.5	45					
	4	56	11	32	36	13.9	33	44	8	42					
	5	56	10	30	46	12.5	45	43	10	41					
Tratamiento 4	1	41	11	28	57	11	33	48	10.5	37	65	30	11.5	8	
	2	48	12	32	34	9	30	56	11	37					
	3	45	11	31	44	12	36	49	11.5	38					
	4	65	13	48	31	9	43	30	8	46					
	5	38	11	35	30	12	45	46	12.5	40					
Tratamiento 5	1	28	7	39	30	6	38	36	9	32	54	28	11	6	
	2	48	10	45	44	11	47	28	9	36					
	3	50	10	48	41	8	46	33	8	46					
	4	34	7	46	54	11	47	51	10	45					
	5	40	8.5	47	34	9	33	40	8	34					
Tratamiento 6	1	58	11	48	51	12	48	31	9	34	70	31	19	7.5	
	2	52	11	42	43	8	46	40	9.5	36					
	3	59	12	46	50	11	29	32	7.5	34					
	4	51	11	36	33	8	32	34	11.5	36					
	5	55	19	29	70	13	29	32	8.5	47					
Tratamiento 7	1	27.5	7	33	45	11.5	35	46	9	41	63	27.5	18	7	
	2	51	18	45	35	9	49	49	11	29					
	3	63	10	39	49	11.8	46	45	10	40					
	4	50	11	43	48	10	38	53	11	48					
	5	55	12	44	45	10	43	48	10	43					
Tratamiento 8	1	29	3	44	52	10.8	33	47	12	35	69	29	12.5	3	
	2	43	9	34	54	12.5	34	43	11.5	29					
	3	49	9	40	69	12.3	46	40	11.3	45					
	4	44	11	49	30	7	41	38	9	40					
	5	40	10	42	47	11	27	68	12.5	47					
Tratamiento 9	1	41	10	42	44	10.6	32	64	11.5	45	64	30	13	3	
	2	30	10	32	33	7	30	39.5	10	44					
	3	54	13	30	58	12.5	33	50	10	43					
	4	49	11	26	37	12	36	48	11	40					
	5	31	3	40	48	11	34	43	10	35					

Cuadro 27: Promedio de datos de cuadro 24 de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3			PROMEDIO GENERAL POR TRATAMIENTO		
	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas	Altura (cm)	Grosor (mm)	Hojas
Tratamiento 1	56.2	11.6	34.4	55.4	12.5	35.8	46	10.9	40	52.53	11.67	36.73
Tratamiento 2	56.4	12.2	35.2	43.2	10.4	39.2	36	9.4	34.6	45.20	10.67	36.33
Tratamiento 3	57.2	10.8	34.6	39.6	11.28	40.2	38.8	8.9	43	45.20	10.33	39.27
Tratamiento 4	47.4	11.6	34.8	39.2	10.6	37.4	45.8	31.4	39.6	44.13	17.87	37.27
Tratamiento 5	40	8.5	45	40.6	9	42.2	37.6	8.8	38.6	39.40	8.77	41.93
Tratamiento 6	55	12.8	40.2	49.4	10.4	36.8	33.8	9.2	37.4	46.07	10.80	38.13
Tratamiento 7	49.3	11.6	40.8	44.4	10.46	42.2	48.2	10.2	40.2	47.30	10.75	41.07
Tratamiento 8	41	8.4	41.8	50.4	10.72	36.2	47.2	11.26	39.2	46.20	10.13	39.07
Tratamiento 9	41	9.4	34	44	10.62	33	48.9	10.5	41.4	44.63	10.17	36.13

Cuadro 28: Toma de datos de la evaluación de sustratos y hormonas en vivero de macadamia en finca Patzulín.

Fecha: 18/04/2023

Tratamientos	Sustrato	Hormona	Altura (cm)	Grosor (mm)	Vol. Raíz
Trat 1	(30%-70%)	Lixiviado	64	12	110
Trat 2	(30%-70%)	Citoquinina	43	11	70
Trat 3	(30%-70%)	Auxinas	62	12	80
Trat 4	(50%-50%)	Lixiviado	57	13	70
Trat 5	(50%-50%)	Citoquinina	54	10	70
Trat 6	(50%-50%)	Auxinas	52	11	60
Trat 7	(70%-30%)	Lixiviado	67	11	90
Trat 8	(70%-30%)	Citoquinina	59	12	60
Trat 9	(70%-30%)	Auxinas	66	11	110
Trat 1	(30%-70%)	Lixiviado	61	11	105
Trat 2	(30%-70%)	Citoquinina	45	11	65
Trat 3	(30%-70%)	Auxinas	58	10	75
Trat 4	(50%-50%)	Lixiviado	60	12	75
Trat 5	(50%-50%)	Citoquinina	55	11	65
Trat 6	(50%-50%)	Auxinas	56	10	65
Trat 7	(70%-30%)	Lixiviado	65	11	85
Trat 8	(70%-30%)	Citoquinina	56	11	65
Trat 9	(70%-30%)	Auxinas	69	12	110
Trat 1	(30%-70%)	Lixiviado	65	12	115
Trat 2	(30%-70%)	Citoquinina	45	11	75
Trat 3	(30%-70%)	Auxinas	64	12	80
Trat 4	(50%-50%)	Lixiviado	63	13	85
Trat 5	(50%-50%)	Citoquinina	54	10	70
Trat 6	(50%-50%)	Auxinas	51	11	60
Trat 7	(70%-30%)	Lixiviado	68	11	95
Trat 8	(70%-30%)	Citoquinina	59	12	60
Trat 9	(70%-30%)	Auxinas	68	13	115



Figura 16: Muestra de planta de tratamiento 1 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz en finca Patzulín.



Figura 17: Muestra de planta de tratamiento 2 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



Figura 18: Muestra de planta de tratamiento 3 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



Figura 19: Muestra de planta de tratamiento 4 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



Figura 20: Muestra de planta de tratamiento 5 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



Figura 21: Muestra de planta de tratamiento 6 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



Figura 22: Muestra de planta de tratamiento 7 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.

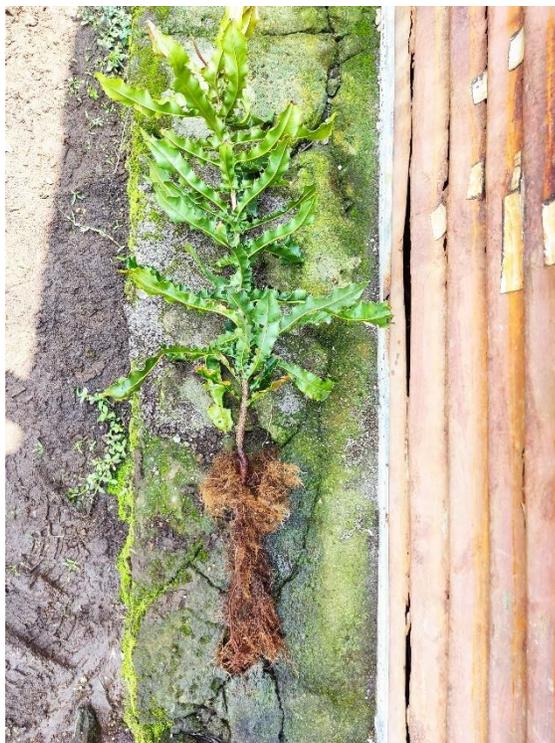


Figura 23: Muestra de planta de tratamiento 8 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



Figura 24: Muestra de planta de tratamiento 9 para la toma de datos de altura, grosor y volumen de raíz, en finca Patzulín.



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**  
**AGRONOMÍA TROPICAL**  
Mazatenango, Suchitepéquez, gt.

Mazatenango, Suchitepéquez enero de 2024

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical  
Centro Universitario del Suroccidente  
Universidad San Carlos de Guatemala

Respetable Doctor Otzoy:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el trabajo de Graduación titulado **"Evaluación de reguladores de crecimiento en porta injertos (patrones) de *Macadamia Integrifolia*, Protaceae y distintos porcentajes de un mismo sustrato en vivero de finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A., El Palmar, Quetzaltenango"**. Presentado por el estudiante Wilson Adrian Xicay López quien se identifica con el número de carné 201740465 de la carrera de Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**



M. Sc. Erick Alexander España Miranda  
Profesor asesor y supervisor



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
AGRONOMÍA TROPICAL  
Mazatenango, Suchitepéquez, gt.

Mazatenango, Suchitepéquez, enero de 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director en Funciones  
Centro Universitario del Suroccidente  
Universidad San Carlos de Guatemala  
A su despacho

Señor director:

Con fundamento en el normativo del Trabajo de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante T.P.A. **Wilson Adrian Xicay López**, quien se identifica con número de carné: **201740465** de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **"Evaluación de reguladores de crecimiento en porta injertos (patrones) de *Macadamia Integrifolia*, Protaceae y distintos porcentajes de un mismo sustrato en vivero de finca San Vicente Patzulín y Anexos S.A., El Palmar, Quetzaltenango"**; el cual fue asesorado y revisado con dictamen favorable del Ingeniero Agrónomo Erick Alexander España Miranda.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. Wilson Xicay, ha cumplido con el normativo de Trabajo de Graduación, razón por la cual someto a su consideración el documento presentado por el estudiante, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

**CUNSUROC/USAC-I-041-2024**

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, quince de abril de dos mil veinticuatro-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **“EVALUACIÓN DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN PORTA INJERTOS (patrones) DE *Macadamia integrifolia*, Proteaceae, Y DISTINTOS PORCENTAJES DE SUSTRATO EN VIERO DE FINCA SAN VICENTE PATZULÍN Y ANEXOS S.A., EL PALMAR, QUETZALTENANGO”**, del estudiante: **Wilson Adrian Xicay López** Carné: **201740465 CUI: 3449 06949 1012** de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz  
Director



/gris