

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS ARTESANALES Y UNO
COMERCIAL PARA PROPAGACIÓN DE HOJA DE LA SUERTE
(*Dieffembachia spp.*) MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE
ESQUEJES**

MARIO ERNESTO OTUC TORIBIO

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS ARTESANALES Y UNO
COMERCIAL PARA PROPAGACIÓN DE HOJA DE LA SUERTE
(*Dieffembachia spp.*) MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE
ESQUEJES**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

POR

**MARIO ERNESTO OTUC TORIBIO
CARNÉ 201340639**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO DE TÉCNICO
EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DE 2018

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwín Gonzalo Eskenasy Morales

SECRETARIA: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj

REPRESENTANTE DOCENTES: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey

REPRESENTANTE DE EGRESADOS: Lic. Abg. Not. Edwin Alcides Barrios Sosa

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: Mtro. Disraely Dárin Mandredy Jom Hernández

Br. Karla Vanessa Barrera Rivera

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADORA DE LA CARRERA

Ing. Agr. MC. Sandra Anabella Tello Coutiño

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR: Ing. Agr. MSc. Edgar Armando Ruiz Cruz

SECRETARIA: Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta

VOCAL: Ing. Agr. MC. Sandra Anabella Tello Coutiño

REVISOR DE REDACCIÓN DE ESTILO

Ing. Civil MSc. Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISORA DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. MC. Sandra Anabella Tello Coutiño

ASESOR

Ing. Agr. MSc. Alex Ernesto Chén Chiquín



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 11 de agosto de 2017.
Ref. 15-A-297/2017.

Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado:
“Evaluación de tres sustratos artesanales y uno comercial para propagación de hoja de la suerte (*Dieffembachia spp.*), mediante enraizamiento de esquejes.”

Al respecto como asesor puedo indicar que a mi juicio, el informe reúne las calidades requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le dé el trámite respectivo para ser aprobado como Informe Final de Práctica Profesional Supervisada, del estudiante **Mario Ernesto Otuc Toribio**.

Atentamente,

“D y enseñad a todos”


Ing. Agr./MSc. Alex Ernesto Chen Chiquín
Asesor Principal



c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.

E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 11 de octubre de 2017.
Ref. 15-A-310/2017.

Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de tres sustratos artesanales y uno comercial para propagación de hoja de la suerte (*Dieffembachia spp.*), mediante enraizamiento de esquejes.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Mario Ernesto Otuc Toribio** y de acuerdo a mi opinión cumple con las sugerencias y/o correcciones formuladas por la Comisión de PPS, por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,

“Id y enseñad a todos”

Inga. Agr. M. C. Sandra Anabella Tello Coutiño
Revisor de Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía
CUNOR- USAC



c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVESITARIO DEL

NORTE – CUNOR –

CARRERA AGRONOMÍA

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX 79 56 66 00 Ext. 208

Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.

Guatemala, C. A.

E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 21 de noviembre de 2017.

Ref. 15-A-335/2017.

Señores:

Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

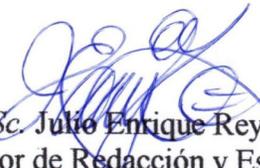
Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de tres sustratos artesanales y uno comercial para propagación de hoja de la suerte (*Dieffembachia spp.*), mediante enraizamiento de esquejes.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Mario Ernesto Otuc Toribio** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,

“Id y enseñad a todos”


Ing. Civil MSc. Julio Enrique Reynosa Mejía
Revisor de Redacción y Estilo
Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía –CUNOR-



c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 25 de enero de 2018.
Ref. 15-A-025/2018.

**Licenciado Zootecnista:
Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
Director del Centro Universitario del Norte,
CUNOR - USAC**

Señor Director:
Saludos cordiales

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado “Evaluación de tres sustratos artesanales y uno comercial para propagación de hoja de la suerte (*Dieffembachia spp.*), mediante enraizamiento de esquejes.”

Dicho trabajo es presentado por el estudiante Mario Ernesto Otuc Toribio y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le dé el trámite correspondiente a fin de que el estudiante Otuc Toribio, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,

“Id y enseñad a todos”

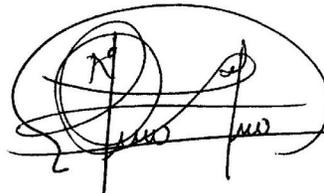


Ing. Agr. MSc. Edgar Armando Ruiz
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera de Agronomía
CUNOR- USAC

c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: Evaluación de tres sustratos artesanales y uno comercial para propagación de hoja de la suerte (*Dieffenbachia spp.*) mediante enraizamiento de esquejes; como requisito previo para optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Mario Ernesto Otuc Toribio'.

Mario Ernesto Otuc Toribio
Carné: 201340

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque con su apoyo constante, sincero e incondicional me han ayudado a lo largo de este recorrido, y sé que lo seguirán haciendo en lo que ha de venir. A los docentes por su dedicación y compromiso. Y a todas aquellas personas que sin nombrarlas saben que han contribuido de una u otra manera a lograr este triunfo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
HIPÓTESIS	7
OBJETIVOS	9
ANTECEDENTES	11

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1. SUSTRATO	13
1.1. Propiedades físicas de los sustratos	13
a. Drenaje y porosidad	13
b. Estructura y granulometría	14
1.2. Propiedades químicas de los sustratos	14
a. Contenido de macro y micronutrientes	14
b. pH	14
c. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	14
d. Conductividad eléctrica (CE)	15
1.3. Propiedades biológicas de los sustratos	15
a. Velocidad de descomposición	15
1.4. Características del sustrato ideal	15
1.5. Descripción general de algunos sustratos	16
a. Arenas	16
b. Fibra de coco	16
c. Humus de lombriz o vermicompost	17
d. Cascarilla de arroz	17
e. <i>Peatmoss</i>	18

CAPÍTULO 2 MARCO METODOLÓGICO

2.1. PREPARACIÓN EXPERIMENTAL	19
2.1.1. Materiales e insumos	20
2.1.2. Tamaño del experimento	21
2.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	21
2.2.1. Modelo estadístico	21
2.2.2. Tratamientos	21

2.2.3. Variables respuesta	22
a. Tiempo de formación de primeros brotes	22
b. Peso fresco de raíz	23
c. Peso seco de raíz	23
d. pH	23
e. Porcentaje de pegue	23
f. Número de brotes	24
2.3. MANEJO EXPERIMENTAL	24
2.3.1. Selección de plantas madre	24
2.3.2. Preparación de sustratos	24
2.3.3. Siembra de esquejes	24
2.3.4. Riego y fertilización	25
2.3.5. Control de plagas y enfermedades	25

CAPÍTULO 3

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
3.1.1. Variable tiempo de formación de primeros brotes	28
3.1.2. Variable peso fresco de raíz	29
3.1.3. Variable peso seco de raíz	32
3.1.4. Variable pH	34
3.1.5. Variable porcentaje de pegue	35
3.1.6. Variable número de brotes	36
3.2. ANÁLISIS DE COSTOS	36
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

	Página	
1	Materiales e insumos	21
2	Número de días de formación de primeros brotes en los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i> Luego de la siembra	28
3	Análisis de varianza del tiempo de formación de primeros brotes en los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	29
4	Peso fresco de raíces, en gramos, de los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	30
5	Análisis de varianza para el peso fresco de raíces en los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	31
6	Prueba de Tukey para el peso fresco, en gramos, de raíces en los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	31
7	Peso seco de raíces, en gramos, de los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	32
8	Análisis de varianza para el peso seco de raíces en los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	33
9	Prueba de Tukey para el peso seco, en gramos, de raíces en los esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	34
10	pH promedio de cada tratamiento	35
11	Porcentaje de pegue de los esquejes, por tratamiento	35
12	Número de brotes por tratamiento	36
13	Costos fijos durante el experimento	37
14	Costos variables durante el experimento	38
15	Costo total por tratamiento	38
16	Análisis de rentabilidad, en base a la ganancia futura y los costos de inversión por tratamiento	39
17	pH de algunos componentes utilizados para formular sustratos analizados en el laboratorio del instituto de Floricultura del INTA	49
18	Grado de tolerancia a la alta concentración de sales de algunas especies ornamentales	50
19	Propiedades físicas de un sustrato ideal y de algunos sustratos comúnmente empleados en la producción de plantas ornamentales en maceta	51
20	Cronograma de actividades	56

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

		Página
1	Construcción del invernadero	52
2	Preparación de sustratos y llenado de bolsas	53
3	Establecimiento de esquejes de <i>Dieffembachia spp.</i>	54
4	Formación de los primeros brotes	54
5	Desarrollo de brotes de los esquejes	55
6	Preparación de los esquejes para la toma de datos	55

ÍNDICE DE IMÁGENES

		Página
1	Distribución de los tratamientos	22
2	Estructura del invernadero	51
3	Estructura de la mesa para las bolsas	52

ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS DEL SISTEMA INTERNACIONAL UTILIZADOS EN ÉSTE TRABAJO

"	Pulgada
°C	Grado centígrado
α	Nivel de significancia de la prueba
Agexport	Asociación de Exportadores de Guatemala
ANVA	Análisis de varianza
Ca	Calcio
CE	Conductividad eléctrica
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CM	Cuadrado medio
cm ³	Centímetro cúbico
Cu	Cobre
d	día
etc.	etcétera
Fo	Frecuencia observada
Ft	Frecuencia de tabla
FV	Fuente de variación
g	gramo
GL	Grados de libertad
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
K	Potasio
kg	kilogramo
L	litro
lb	libra
m	metro
Mg	Magnesio
ml	mililitro
mm	milímetro
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
N	Nitrógeno
Na	Sodio
NS	No significativo
pH	Potencial de hidrógeno
Q	Quetzales
ROI	Índice de retorno sobre inversión
SC	Suma de cuadrados
SECH	Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

spp.
Zn

Del latín *species*, Especies
Zinc

RESUMEN

El trabajo se realizó en el vivero Tres Marías, Cobán, Alta Verapaz; con el objetivo de evaluar el efecto de tres tipos de sustratos elaborados artesanalmente con materiales de la región y uno comercial, para propagación de esquejes de hoja de la suerte (*Dieffembachia spp.*).

Se utilizaron esquejes de 4" de largo, de plantas madres obtenidas en el mismo vivero. Los sustratos empleados fueron: 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino; 40 % lombricompost + 40 % suelo + 20 % piedra pómez; 50 % lombricompost + 50 % suelo; y como testigo se utilizó 90 % fibra de coco + 10 % suelo.

Las variables fueron enfocadas a las respuestas que produjeron los esquejes a las condiciones de los sustratos, éstas fueron: tiempo de formación de primeros brotes, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, pH del sustrato, porcentaje de pegue de los esquejes y número de brotes por esqueje.

Los resultados mostraron que los sustratos elaborados artesanalmente, presentan buenos resultados para propagación de *Dieffembachia spp.*, estos fueron: buen desarrollo radicular, porcentaje de pegue de entre 80 % - 90 % en los tratamientos; y un costo de producción de sustrato rentable, por encima del sustrato comercial que se empleó como testigo.

El mejor sustrato fue 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino, que propició un buen sistema radicular a la planta, por la fácil penetración de las raíces al sustrato debido a la composición que evitó compactación y proporcionó una buena aireación, porosidad, buen drenaje y menor tiempo para la formación de brotes nuevos, con respecto a los demás tratamientos; por tanto una buena calidad de plantas de *Dieffembachia spp.*

INTRODUCCIÓN

La comercialización agro-exportadora ha crecido en los últimos años, en el 2014 Agexport registró un aumento en las exportaciones, esto incluye a la industria de plantas ornamentales, conformada por diferentes especies y variedades, entre ellas la *Dieffembachia spp.*, una planta de importante valor comercial, propagada por esquejes de tallo, en sustratos.

Puede denominarse sustrato, a aquel material aislado en contenedores y distinto del suelo, que brinda condiciones para que puedan desarrollarse plantas de buena calidad en menor tiempo y con un manejo más fácil.¹

Un buen sustrato debe reunir una serie de propiedades físicas, químicas y biológicas, por ejemplo: adecuado soporte para la planta, capacidad de retención de agua, rico en nutrientes, etc. Existen sustratos comerciales con las características adecuadas, según el tipo de planta; también los sustratos artesanales, los cuales se deben preparar generalmente con mezclas para cumplir con las condiciones requeridas, tienen la ventaja de tener menor costo.

Son varios los autores que señalan que el uso de medios de cultivo manufacturados con materiales artesanales es una opción viable, especialmente para pequeños productores.

Para comprobar la efectividad de los sustratos artesanales, se evaluaron las respuestas de la planta a tres sustratos manufacturados con materiales artesanales: lombricompost + suelo fértil, lombricompost + suelo fértil + piedra pómez y lombricompost + acículas de pino; comparándolo con uno comercial (fibra de coco). En dichos sustratos se propagaron plantas de *Dieffembachia spp.* por medio de esquejes.

¹ Infoagro Systems, S.L. Tipos de sustratos de cultivo.
http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm (11 de marzo de 2015).

Los sustratos evaluados buscaban proporcionar características adecuadas para propagación de *Dieffembachia spp.* a un bajo costo. Los resultados que presentaron los sustratos artesanales fueron: buen desarrollo radicular de los esquejes, un pH ligeramente ácido de 5,6 mínimo en los mejores sustratos de acuerdo al rango tolerable, que es lo que requiere la *Dieffembachia spp.*; un porcentaje de pegue de entre 80 % - 90 % en los tratamientos; y con costo de producción de sustrato rentable, por encima del sustrato comercial que se empleó como testigo. Los sustratos artesanales fueron mejores en algunos casos y similares en otros, en comparación con el sustrato comercial.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Generalmente se utilizan esquejes de tallo para propagar *Dieffembachia spp.*; para ello se hace necesario utilizar un sustrato, que es el medio para el correcto enraizamiento, en éste método de reproducción.

Existen varios sustratos comerciales, pero también están aquellos que se producen de manera artesanal, a partir de materiales locales, generalmente con residuos orgánicos. Los residuos orgánicos son producidos en todas partes, la mayoría son desechados pues aparentemente ya no tienen importancia ni valor.

Desafortunadamente existe poca información e investigación acerca de los sustratos manufacturados artesanalmente, menos para la propagación de *Dieffembachia spp.*

Al utilizar sustratos artesanales se aprovecharán materiales locales, como residuos y subproductos que comúnmente se desechan, convirtiéndolos en producto útil.

Por otra parte, los sustratos comerciales tienen un alto costo económico y muchas veces son difíciles de adquirir por los pequeños productores, por lo que la propagación de esquejes con éstos resulta poco conveniente si no se tienen los recursos económicos necesarios. Una alternativa es utilizar sustratos manufacturados con materiales de bajo costo, que puedan dar los mismos o mejores resultados.

JUSTIFICACIÓN

Al no existir información a nivel local sobre la preparación de sustratos artesanales para la propagación de plantas, a pesar de ser una alternativa para aprovechar los residuos y subproductos que se generan en las actividades agrícolas; se pretende generar información al evaluar distintos materiales de desechos y residuos orgánicos procedentes de diferentes actividades, convirtiéndolos en producto útil, para propagar *Dieffembachia spp.* y compararlos con uno comercial. Al mismo tiempo que se reduzcan los costos de producción en la propagación de dicha especie.

En el mercado es posible conseguir productos que pueden ser utilizados para sustrato². Sin embargo, los precios de muchos de éstos son elevados, por lo que se pretende usar sustratos alternativos que puedan cumplir funciones similares a los comerciales. Es importante indicar que, se eligió la *Dieffembachia spp.* por su valor comercial a nivel local e internacional.

² Valverde, Yorleny Badilla y Olman Murillo Gamboa. Enraizamiento de estacas de especies forestales, 2005.
<http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/viewFile/538/464> (11 de marzo de 2015).

HIPÓTESIS

El mejor sustrato artesanal, de los tres a evaluar en comparación al comercial para enraizar esquejes de *Dieffenbachia spp.*, será el de mezcla de 60 % lombricompost + 40 % acículas secas de pino; debido a que el lombricompost en la mezcla aportará macro y micro nutrientes, que estimula la formación y crecimiento de raíces vigorosas en los esquejes, así como proporcionar el anclaje adecuado de la planta, mientras que las acículas de pino actuarán como componente de aireación, drenaje y fibricidad. La mezcla de los componentes del sustrato proporcionará firmeza, pero sin llegar a compactarse.

OBJETIVOS

1. General

Generar información técnico-científica sobre el uso de sustratos artesanales, para la propagación de *Dieffembachia spp.*

2. Específicos

- a) Evaluar tres sustratos artesanales para el enraizamiento de *Dieffembachia spp.*
- b) Determinar cuál de los sustratos artesanales evaluados es más adecuado para enraizar esquejes de *Dieffembachia spp.*, a través de la respuesta de la planta
- c) Realizar un análisis de rentabilidad de la fabricación y uso de los sustratos artesanales, con la relación entre la ganancia futura y el costo de inversión

ANTECEDENTES

Los sustratos como medio de cultivo han adquirido gran importancia en la agricultura protegida a través del tiempo. Por ejemplo, en España, la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH) reúne numerosos grupos de investigación, que centran su actividad en diferentes tareas como: estudio de la metodología para la caracterización de las propiedades de los sustratos; estudio del compostaje de residuos orgánicos para la fabricación de sustratos orgánicos alternativos a la turba; estudio de la supresividad de sustratos de cultivo frente a hongos fitopatógenos; estudio del manejo del sistemas de cultivo sin suelo, tanto con sustratos inertes para producción hortícola intensiva como para sustratos orgánicos de plantas ornamentales, jardinería y paisajismo. Todas las investigaciones orientadas a la fabricación, caracterización y empleo de nuevos tipos de sustratos de cultivo.³

Varias investigaciones realizadas en cuanto a sustratos señalan que es más rentable utilizar, aquellos medios de cultivo de fabricación artesanal pues se obtienen muchas ventajas como: disminución de costos, aprovechamiento de materiales, etc. Nelson Zapata, Francisca Guerrero y Alfredo Polo (2005) señalan en su evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo, que utilizar compost de corteza de pino es una opción beneficiosa para aprovechar el recurso; de la misma manera Guido Gasca Andrade (2010) llega a la misma conclusión en su evaluación de pino Caribe como sustrato en cultivos de clavel hidropónico, realizada en Bogotá. Colombia.

³ Carmen Cid Ballarín. Sustratos.

http://www.sech.info/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=13&Itemid=23. (11 de marzo de 2015).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar, Argentina, en una investigación realizada en compost de restos de poda, indica que los mejores resultados para la mayoría de los parámetros evaluados se obtienen al mezclar 50 % compost de poda y 50 % suelo fertilizado, y que los restos de poda son materiales alternativos para la elaboración de compost, pudiéndose utilizar para la producción de plantas de diversas especies. (Mónica Karlanian, 2011).⁴

Los sustratos se pueden elaborar en forma casera, al considerar: el control de humedad, temperatura y aireación, etc.

Para evaluar la calidad de los sustratos artesanales se pueden hacer diferentes pruebas ya que no es un concepto absoluto, sino depende de los usos a que se destine.

“Suele determinarse por dos vías; mediante experimentos de campo, en los que se mide las respuestas de las plantas en condiciones reales de cultivo a diferentes dosis de compost en términos de producción de biomasa, crecimiento radicular, número de brotes, hojas, etc.; y midiendo un conjunto de propiedades del sustrato como: olor, color, tamaño de partícula, densidad, porosidad, pH, conductividad eléctrica, nutrientes, etc”.⁵

Hasta el año 2015 en la región no había investigación sobre evaluación de sustratos artesanales para la propagación de *Dieffembachia spp.* únicamente se contaba con investigaciones de sustratos artesanales en plantas forestales con buenos resultados.

⁴ Mónica Karlanian. Compost de restos de poda, 1 diciembre, 2011.
<http://inta.gob.ar/documentos/compost-de-restos-de-poda> (11 de marzo de 2015).

⁵ Ansorena, E. Batalla y D. Merino. Evaluación de calidad y usos. Laboratorio Agroambiental Fraisoro. Fraisoro Etxaldea.
http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/Evaluacion_de_la_calidad_y_usos.pdf (11 de marzo de 2015).

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1. Sustrato

Es un medio sólido diferente al suelo que proporciona principalmente anclaje a la planta. Puede interactuar o no entre planta-nutrientes, según su origen y las características fisiológicas de la planta. Un sustrato puede ser: natural o de síntesis, y deben reunir una serie de características favorables para el correcto enraizamiento.

El origen del sustrato puede ser de materiales orgánicos o minerales, aunque no siempre reúnen todas las características deseables, por ello se hace necesaria muchas veces una mezcla de ambos, para compensar las deficiencias.⁶

1.1. Propiedades físicas de los sustratos

a. Drenaje y porosidad

Estas propiedades son elementales en un sustrato, pues el grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua. De manera que los medios de cultivo están ocupados en su totalidad por partículas sólidas y espacios porosos. Ayudan a mantener un nivel óptimo y una buena distribución de agua. La propiedad de drenar evita el estancamiento de agua y a oxigenar las raíces.⁷

⁶ Infoagro *Systems*, S.L. Tipos de sustratos de cultivo. http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm (11 de marzo de 2015).

⁷ Raúl Iskander Cabrera. Manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. 2002. <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV741.pdf> (11 de marzo de 2015).

b. Estructura y granulometría

Se refiere a la combinación de agregados que forman el sustrato (arcilla, arena, limo), puede ser: fino, medio y grueso, algunos autores las subdividen. La estructura y el tamaño de los agregados condiciona el comportamiento del sustrato, mientras mayor sea la granulometría también los poros y esto influye en la densidad aparente del sustrato y comportamiento hídrico.⁸

1.2. Propiedades químicas de los sustratos**a. Contenido de macro y micronutrientes**

Se refiere a la disponibilidad de nutrientes que pueda aportar un sustrato, esto dependerá del origen del material o materiales utilizados para la formulación del mismo. Esta característica puede ser fácilmente modificada al agregar fertilizantes químicos u orgánicos.

b. pH

Es un indicador de la cantidad de iones de hidrógeno que hay en un medio; puede variar entre 0 y 14. El pH controla la absorción de nutrientes disponibles en los sustratos durante las reacciones químicas. De manera que varios de los problemas nutricionales ocurren cuando el pH se encuentra fuera del rango óptimo, éste rango puede variar por el tipo de planta. El cuadro 15, en anexos, muestra el pH de algunos sustratos.⁹

c. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Esta propiedad influye en el suministro de nutrientes, se refiere a la cantidad de cationes que se encuentran disponibles

⁸ Silvia Burés Pastor. Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas, 2002. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf> (22 de marzo de 2015).

⁹ Lorena A. Barbaro, Mónica A. Karlanian y Diego A. Mata. Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. <http://inta.gob.ar/documentos/importancia-del-ph-y-la-conductividad->. (22 de marzo de 2015).

sobre la superficie de las partículas en el suelo. La CIC interviene directamente en la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

d. Conductividad eléctrica (CE)

Indica la concentración de sales solubles en el sustrato, lo ideal es que la CE sea baja ya que facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. El cuadro 16, en anexos, presenta el grado de tolerancia a la alta concentración de sales de algunas especies ornamentales.¹⁰

1.3. Propiedades biológicas de los sustratos

a. Velocidad de descomposición

Esta propiedad es influenciada por acción de la actividad microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Las actividades enzimáticas pueden favorecer la disponibilidad de elementos nutritivos para la planta o provocar deficiencias de oxígeno, nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato, debido a la rápida descomposición.

1.4. Características del sustrato ideal

El desarrollo de una planta no depende únicamente de las características y composición que pueda tener un sustrato, también hay otros factores como: calidad de material vegetal, condiciones de clima, sistema y programa de riego, programa de fertilización adecuada, entre otros.¹¹

¹⁰ Guy Sela, Uzi Kafkafi, Et al. La capacidad de intercambio catiónico. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/Capacidad-Intercambio-Cationico> (22 de marzo de 2015).

¹¹ Composición del sustrato ideal para el huerto urbano. <http://metrohuerto.com/2015/03/25/composicion-del-sustrato-ideal-para-el-huerto-urbano/>. (Colonia Granjas México, Delegación Iztacalco. Publicado el 25 de marzo de 2015).

Específicamente al hablar del sustrato, debe reunir una serie de características para proveer buenos resultados al momento de plantar una semilla, enraizar un material y/o crecimiento adecuado de planta, estas son:

Firmeza del material para que otorgue buen soporte a las raíces sin llegar a ser muy duro de modo que puedan penetrar las raíces; material uniforme que permita el escurrimiento del exceso de agua; capacidad de retención de agua fácilmente disponible para la planta, para evitar que sea necesario el riego constante; baja conductividad eléctrica; capacidad para mantener constante el pH (capacidad *Buffer*); baja velocidad de descomposición; debe proveer nutrientes, y cuando se realicen fertilizaciones químicas no debe sufrir cambios bruscos; de fácil desinfección; y debe ser de bajo costo, para que sea rentable su utilización. En el cuadro 17 se muestran algunas características de sustrato ideal (Ver anexos).

1.5. Descripción general de algunos sustratos

a. Arenas

Son separados de suelo que van desde 0,1 mm a 2,0 mm de diámetro, pueden ser de diferente origen. La más utilizada es la arena de río que proporciona buen drenaje y aireación, aunque esta última disminuye con el tiempo debido a la compactación que sufre; tiene una capacidad media de retención de agua; no proporciona nutrientes por lo que su capacidad de intercambio catiónico es nula. Su pH varía entre 4- 8.¹²

b. Fibra de coco

Es un material de residuos agroindustriales de origen vegetal, es un recurso duradero y renovable. Con una estructura

¹² Sustrato para plantas en macetas. <http://www.ecoagricultor.com/sustrato-plantas-macetas/> (11 de marzo de 2015).

químicamente estable por la alta relación carbono-nitrógeno que presenta, tiene una retención de humedad y nutrientes bastante buena, reduce la aparición de hongos, cuenta con un pH ligeramente ácido de 6,3 - 6,5 y una porosidad bastante buena. Debe ser lavada e hidratada antes de su uso.

c. Humus de lombriz o vermicompost

Es obtenido a partir de la descomposición de materiales orgánicos de diferentes orígenes por lombrices que digieren la materia orgánica. Proporciona buena cantidad de nutrientes como N, P, Ca, Mg, Mn, Fe, Na, Cu, Mo y Zn, lo que lo hace un medio bastante fértil para la planta, así como favorecer el desarrollo radicular.

Tiene una elevada capacidad de retención de agua 80 % - 90 %, buena aireación que evita los excesos de agua, pero no produce lixiviación de nutrientes. Cuenta con la capacidad de amortiguar metales y productos químicos tóxicos. Con un pH entre 6 - 7 y gran capacidad *Buffer*. Además, contiene microorganismos benéficos, así como hongos que controlan el crecimiento de bacterias y desarrollo de enfermedades fungosas.¹³

d. Cascarilla de arroz

Es utilizada comúnmente en mezcla con otros sustratos, tiene muy baja retención de humedad. Es obtenida de desecho de agroindustrias procesadoras de arroz (*Oryza sativa*). Antes de utilizarse debe desinfectarse, ya que es muy susceptible a enfermedades fungosas e insectos. Tiene alta porosidad. Es un material rico en K y P, pero pobre en N.

¹³ Rolando Uría. Sustratos inorgánicos. <http://plantasyjardin.com/2011/09/sustratos-inorganicos/> (24 de marzo de 2015).

e. Peatmoss

Es un material importado por lo general de Canadá, compuesto de turbas en diferentes grados de descomposición de *Sphagnum*, coco, perlita, humus de lombriz, micorrizas, entre otros elementos. Cuenta con características muy parecidas a las de fibra de coco, tiene una retención de agua bastante alta (70 %), es muy utilizado para la germinación y desarrollo de plántulas.¹⁴

¹⁴ *Peatmoss* floración 50 litros. <http://www.turbasy cocos.com/detalle.php?nId=213> (24 de marzo de 2015).

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Preparación experimental

Antes de iniciar el experimento, se preparó el área y construyó un invernadero, lo que tomó 15 d aproximadamente. Las dimensiones del invernadero fueron de 5 m de ancho, 3 m de largo y 3 m de alto.

Para la construcción de la estructura del invernadero se colocaron en cada esquina postes laterales, los cuales fueron enterradas 0,5 m en el suelo; a lo ancho se colocaron cuatro postes centrales, más largos que los laterales, uno en cada extremo y dos más en el centro, para provocar las dos aguas; luego se clavaron, en forma horizontal, los largueros laterales y la cumbrera, en la parte superior de los postes; y dos vigas de madera para unir los postes laterales con los centrales en cada cabecera (Ver imagen 1 y fotografía 1, en anexos).

Una vez armada la estructura de madera del invernadero se colocó el *nylon* como forro; para asegurarlo se enrolló cada extremo en pequeñas reglas de madera que luego se clavaron en las vigas y largueros, con el cuidado de dejarlas lo más tensas posibles. En la cabecera frontal se dejó una abertura de 2 m x 1 m para la puerta.

Finalmente se construyó una mesa, con una estructura de madera de 1,3 m x 1,2 m y como superficie de la mesa, se utilizó malla anti-áfidos, que fue clavada en las reglas. (Ver imagen 2 y fotografía 2, en anexos).

2.1.1. Materiales e insumos

CUADRO 1
Materiales e insumos

Cantidad	Descripción
4 unidades	Reglas de madera (vigas) de 3 m x 0,05 m x 0,025 m
3 unidades	Reglas de madera (largueros laterales y cumbrera) de 3 m x 0,1 m x 0,025 m
4 unidades	Postes de madera (laterales) de 3 m x 0,1 m x 0,1 m
4 unidades	Postes de madera (centrales) de 3,81 m x 0,1 m x 0,05 m
2 unidades	Bisagras de 3"
4 lb	Clavos de 3"
0,5 lb	Clavos de 4"
2 lb	Clavos de 2"
4,20 m ²	Malla anti-áfidos de 1,7 m x 1,6 m
72,72 m ²	<i>Nylon</i> para invernadero transparente de medidas: 3,6 m x 15 m y 2,6 m x 7,2 m
38,3 m ²	<i>Nylon</i> para invernadero blanco de medidas 2,6 m x 5,5 m
1 kg	Raizal 400
84 unidades	Bolsas para almácigo de 6" x 8"
12 unidades	Macetas de <i>Dieffembachia spp.</i> Con dos tallos cada uno
50 cm ³	Desinfectante de suelo con ingrediente activo <i>Folpet</i>
50 cm ³	Desinfectante de suelo con ingrediente activo <i>Prochloraz</i>
5 g	Azufre
56 lb	Lombricompost
3 lb	Acículas secas de pino
6 lb	Piedra pómez
½ paca	Fibra de coco
30,5 lb	Suelo

Fuente: Investigación de campo 2015.

2.1.2. Tamaño del experimento

Se realizó un experimento unifactorial en donde el factor fue sustratos. Se evaluaron tres artesanales y uno comercial como elemento de comparación. Se obtuvo de esta manera 4 tratamientos con 3 repeticiones por cada uno, con arreglo combinatorio de 4 x 3. Cada tratamiento con 7 unidades experimentales, con un total de 84. La siembra de los esquejes se llevó a cabo en bolsas de polietileno de 6" x 8".

2.2. Metodología experimental

2.2.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_{ij}$$

Dónde:

S_i = Sustrato

Y_{ij} = Variable respuesta a observar cuando el factor S_i , se encuentre en el i -ésimo tratamiento de la j -ésima unidad experimental

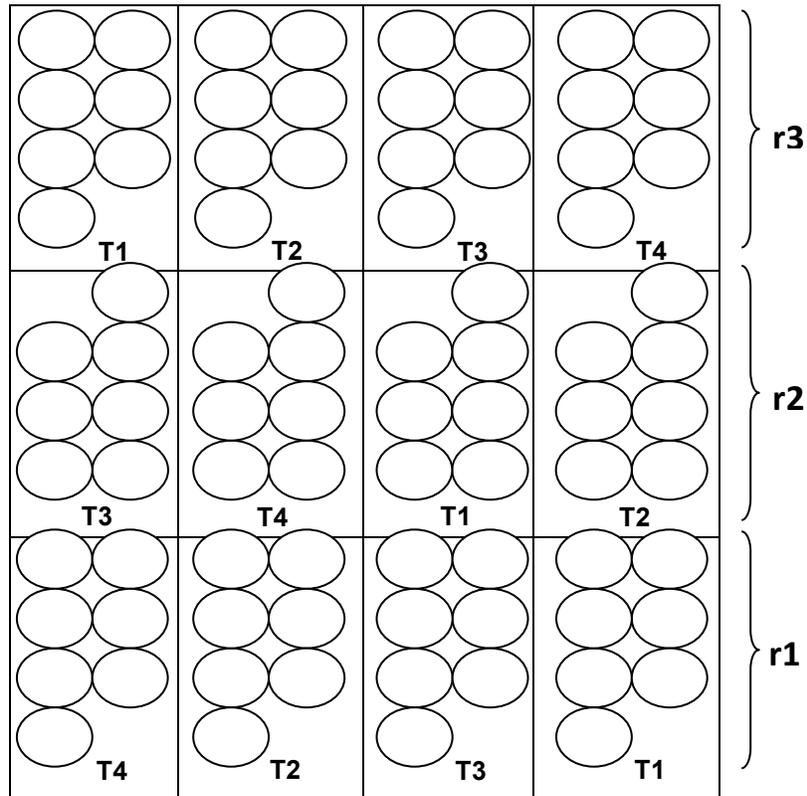
μ = Condiciones homogéneas en las unidades experimentales antes de aplicar tratamientos

E_{ij} = Error experimental asociado a la j -ésima repetición en el i -ésimo tratamiento

2.2.2. Tratamientos

Se evaluaron tres sustratos artesanales: mezcla de 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino seca, mezcla de 40 % suelo + 40 % lombricompost + 20 % piedra pómez y mezcla de 50 % lombricompost + 50 % suelo; y uno comercial como comparación (fibra de coco). Las relaciones fueron realizadas en base al volumen.

IMAGEN 1
Distribución de los tratamientos



Fuente: elaboración propia. Año 2015.

Dónde:

T1= 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino seco

T2= 40 % lombricompost + 40 % suelo + 20% piedra pómez

T3= 50 % lombricompost + 50 % suelo

T4= 90 % fibra de coco + 10 % suelo

r1= repetición 1

r2= repetición 2

r3= repetición 3

2.2.3. Variables respuesta

Las variables que se midieron fueron:

a. Tiempo de formación de primeros brotes

La toma de éstos datos fue mediante observaciones directas a los esquejes, cada 3 d. Para anotar el tiempo que

tardaron en formarse los primeros brotes, después de haber establecido los esquejes.

b. Peso fresco de raíz

Para medir ésta variable se tomaron todos los esquejes (siete bolsas) de cada tratamiento y repetición por separado; y se extrajeron cuidadosamente de las bolsas, para no dañar las raíces, luego se lavaron las raíces con agua, para limpiar los residuos de sustrato. A continuación, se secaron con papel mayordomo. Se cortaron las raíces formadas de los esquejes y se pesaron en una balanza analítica. El momento en el cual fueron tomados los datos de dicha actividad fue doce semanas después de haber establecido los esquejes, lo que garantiza la formación de raíces.

c. Peso seco de raíz

Estos datos fueron obtenidos a partir del peso de las raíces secas totales de cada tratamiento y repetición. Para secar las raíces, se colocaron en pequeñas bandejas de aluminio y fueron introducidas en un horno de secado de laboratorio a una temperatura de, 105 °C durante un día. Luego se pesaron en una balanza analítica.

d. pH

Para esto, fue necesario utilizar un potenciómetro. Se extrajeron muestras de 5 g de cada sustrato y se les agregó 50 ml de agua destilada, posteriormente se agitaron las mezclas para homogenizarlas y se tomaron las lecturas en el instrumento.

e. Porcentaje de pegue

Esta variable se determinó en las primeras 5 semanas después de haber establecido los esquejes, a través de

conteos en la unidad experimental; se determinó el número de plantas sanas y aquellas que presentaban problemas, para posteriormente expresarlos en valores de porcentaje.

f. Número de brotes

Fue medido mediante el conteo de los brotes totales por tratamiento al final del experimento.

2.3. Manejo experimental

2.3.1. Selección de plantas madre

Se utilizaron 12 plantas madre de *Dieffenbachia spp.* Cada una con dos tallos. Se obtuvieron en el vivero Tres Marías; fueron únicamente plantas sanas, con buen aspecto físico (tamaño, distribución foliar, color de hojas y tallo) y libre de plagas, ya que las nuevas plantas serían copias idénticas, por lo que tendrían las mismas resistencias o deficiencias.

2.3.2. Preparación de sustratos

Se tamizaron todos los materiales a mezclar en los sustratos (lombricompost, suelo, piedra pómez y acículas de pino) con un tamiz de 6 mm, para separar agregados de mayor tamaño. Luego se realizaron las respectivas mezclas y se llenaron las bolsas con ellas, a continuación, se desinfectaron con *Prochloraz + Folpet* en forma de riego y dejándolo actuar durante un día. Para ello se emplearon 25 ml de cada producto, diluidos en 16 L de agua.

2.3.3. Siembra de esquejes

Los esquejes utilizados tenían una longitud aproximada de 4", obteniendo de 3 a 4 esquejes por tallo de cada planta madre. De manera que la mitad del esqueje fue introducido dentro del sustrato y la otra quedó por fuera. Fueron cortados con una navaja desinfectada con alcohol etílico al 70 % y con suficiente filo, para evitar daño en los tejidos y posibles enfermedades. Los extremos

cortados fueron tratados con azufre en forma de polvo, para ayudar a la cicatrización.

2.3.4. Riego y fertilización

El riego se realizó de 1 - 2 veces por semana, según el clima, con 150 ml de agua por bolsa a manera de mantener húmedos los sustratos, pero sin llegar a saturarlos. Mientras que la fertilización se realizó cada 20 d, en forma líquida mezclada con el agua de riego, con 50 ml por bolsa, con concentración de 1 % del producto. El fertilizante utilizado fue Raizal 400, es un fertilizante de formulación 1:5:1,2, además de contener Mg, S y un complejo auxínico.

2.3.5. Control de plagas y enfermedades

Para prevenir el ataque de patógenos a los esquejes obtenidos, por su susceptibilidad, debido al elevado contenido de agua que tienen, se realizaron tratamientos fitosanitarios oportunos, con el uso de material vegetal sano, así como sustrato previamente desinfectado y herramientas de corte esterilizadas.

CAPÍTULO 3

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Presentación y discusión de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el experimento, en donde se evaluaron tres sustratos elaborados artesanalmente (lombricompost + acículas de pino, lombricompost + suelo + piedra pómez y lombricompost + suelo) y uno comercial como testigo (fibra de coco), para propagación de *Dieffembachia spp.* El análisis de los resultados esta dado de forma individual para cada variable respuesta.

Para el análisis de datos se utilizó un nivel de significancia estadística de alfa 0,05, es decir con un nivel de confianza de 95 %.

La nomenclatura que se utiliza para los tratamientos y repeticiones en el análisis y discusión de resultados es la siguiente:

T1= 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino

T2= 40 % lombricompost + 40 % suelo + 20% piedra pómez

T3= 50 % lombricompost + 50 % suelo

T4= 90 % fibra de coco + 10 % suelo

r1= repetición 1

r2= repetición 2

r3= repetición 3

Para los análisis de varianza se consideraron las siguientes hipótesis: nula, todas las medias son iguales; y por lo menos una media es diferente, como alterna.

3.1.1. Variable tiempo de formación de primeros brotes

A los 35 d, después de haber sembrado los esquejes en los diferentes sustratos aparecieron los primeros brotes en la tercera repetición del tratamiento 3. Se denomina brote a la yema que empieza a desarrollarse en el esqueje.

CUADRO 2
Número de días de formación de primeros brotes en los esquejes de *Dieffembachia spp.*, luego de la siembra

Repeticiones	Tratamientos			
	T1	T2	T 3	T4
R1	48	55	55	45
R2	41	41	60	41
R3	60	55	35	53
\bar{x} .	49,67	50,33	50	46,33

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

En el cuadro 2, se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 presentan un tiempo de formación de brotes similares entre sí, con un rango de 49,67 d – 50,33 d; mientras que el tratamiento T4, tiene menor tiempo en formación de brotes de 46,33 d. Esto puede estar ligado a que la fibra de coco, utilizado en el tratamiento T4, tiene una gran capacidad de retención de agua por lo que la respuesta al estrés hídrico es rápida al mismo tiempo que presenta buena aireación por las fibras del material, esto induce a la rápida formación de raíces y eventualmente brotes.

Y aunque, en las medias se observa que sí hay diferencia entre tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANVA) para determinar estadísticamente si las diferencias son significativas. A continuación, se muestra el análisis de varianza.

CUADRO 3
Análisis de varianza del tiempo de formación de
primeros brotes en los esquejes de *Dieffembachia spp.*

F.V.	GL	SC	CM	Fo	Ft ($\alpha=0,5$)	Si $Fo < Ft$, entonces NS
Factor	3	30,92	10,31	0,11	4,07	NS
Error (e)	8	740,00	92,50			
Total	11	770,92	-----			
REFERENCIA: NS= No Significativo						

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

De acuerdo al análisis estadístico; el resultado fue no significativo, esto quiere decir que no hubo diferencia significativa entre tratamientos y testigo.

Aunque estadísticamente se demostró que no hay diferencia significativa, en el campo, el tiempo de respuesta de formación de brotes puede servir como indicador para saber si el esqueje ya ha producido un buen sistema radicular o no, y determinar si es un buen sustrato o presenta factores limitantes que influyen en el desarrollo de los esquejes, como lixiviado de nutrientes, compactación del sustrato que impida el fácil desarrollo de raíces, etc.

3.1.2. Variable peso fresco de raíz

Esta variable fue tomada luego de haber transcurrido doce semanas, después de establecidos los esquejes. En el cuadro 4 se detallan los datos obtenidos de los distintos tratamientos.

CUADRO 4
Peso fresco de raíces, en gramos, de los esquejes de
Dieffembachia spp.

Tratamiento Repetición	T1	T2	T 3	T4
R1	47,4	27,1	36,0	40,5
R2	71,2	24,5	44,1	53,0
R3	95,3	26,8	23,2	39,0
\bar{x} .	71,3	26,13	34,43	44,17

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

El tratamiento T1, que corresponde a 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino, fue el que produjo mayor peso fresco de raíces, debido a que el lombricompost es rico en nutrientes y en conjunto con las acículas secas de pino, que evitaban que se compactara el sustrato y al mismo tiempo permitía la oxigenación de raíces, propiciaron la producción de raíces vigorosas y profundas.

Los tratamientos T2 y T3, fueron los que menor formación de raíces presentaron, con respecto a los demás tratamientos, a pesar que contenían lombricompost; uno de los motivos puede ser que al estar mezclado con el suelo, hubo una menor densidad de sustrato, dejando poco espacio poroso para el desarrollo de raíces.

Mientras que en el tratamiento T4, que corresponde a fibra de coco y suelo, aunque es un sustrato con buena aireación y presentó rápida formación de raíces, no contiene nutrientes, más que los que le aporta el suelo en la mezcla y los que se le adicione en forma controlada; la densidad de raíces que se produjo no es comparable con la del tratamiento T1.

En el cuadro 4 se observa que existe una diferencia entre tratamientos del peso fresco de raíces, pero esto no implica que sea de forma significativa. Para comprobar que los resultados entre

tratamientos son estadísticamente diferentes se construyó una tabla de análisis de varianza, se muestra a continuación:

CUADRO 5
Análisis de varianza para el peso fresco de raíces en los esquejes de *Dieffembachia spp.*

F.V.	GL	SC	CM	Fo	Ft ($\alpha=0,5$)
Factor	3	3468	1156,1	6,20	4,07
Error (e)	8	1492	186,4		
Total	11	4960	-----	-----	-----

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

Los resultados del análisis de varianza indican que por lo menos un tratamiento es diferente a los demás, pues el valor de Fo (F observada) es mayor al Ft (F de tabla), que es el criterio que se utiliza para saber si existe diferencia significativa entre tratamientos.

Para identificar qué tratamiento o tratamientos tienen diferencia significativa se elabora la prueba de Tukey. Para el análisis de la prueba de Tukey se utilizó un intervalo de confianza del 95 %. En donde las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

CUADRO 6
Prueba de Tukey para el peso fresco, en gramos, de raíces en los esquejes de *Dieffembachia spp.*

Factor	N	Media	Agrupación
T1	3	71,30 g	A
T4	3	44,17 g	AB
T3	3	34,43 g	B
T2	3	26,13 g	B

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

En el cuadro 6 se observa una clara diferencia entre los tratamientos T1 (60 % lombricompost + 40 % acículas de pino) y T2 (40 % lombricompost + 40 % suelo + 20 % piedra pómez), en donde el primer tratamiento presentó 71,30 g de peso fresco y el segundo 23,13 g; el T3 (50 % lombricompost + 50 % suelo), presentó 34,43 g; y el T4 (90 % fibra de coco + 10 % suelo) 44,17 g, un valor que comparte agrupación con todos los tratamientos antes mencionados.

Lo anterior puede deberse a que los tratamientos T1 y T4, retienen mayor contenido de agua lo que estimula el crecimiento de raíces, así también se considera la aireación y facilidad de las raíces para penetrar dichos sustratos.

3.1.3. Variable peso seco de raíz

El peso seco de raíces es una variable importante para tener una noción de la cantidad de biomasa que se produce durante el desarrollo radicular.

El desarrollo de biomasa radicular, estrictamente hablando del sustrato, es afectado por las condiciones a las que está sometido. Kleinkopf y Westermann (1981) citado por Rojas indican que “las raíces son órganos que se desarrollan en función de la cantidad de agua y suelo...”

CUADRO 7
Peso seco de raíces, en gramos, de los esquejes de
Dieffembachia spp.

Tratamiento Repetición	T1	T2	T 3	T4
R1	3,4	2,1	2,8	2,9
R2	5,1	1,7	3,0	4,4
R3	6,9	2,0	1,2	2,8
\bar{x} .	5,13	1,933	2,333	3,367

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

El tratamiento que produjo mayor biomasa de raíces fue el T1 muy por encima de los demás, la biomasa o peso seco de raíces está relacionada con el peso fresco de raíces. De manera que aquellos tratamientos con mayor peso fresco de raíces, presentaron mayor peso seco de las mismas.

Y como indican Kleinkopf y Westermann, el desarrollo de raíces se vio afectado por las condiciones que los distintos sustratos proporcionaban.

Aunque en el cuadro 7 pareciera que la diferencia de medias de peso seco de raíces solo es por pocos gramos, esa diferencia representa un mayor desarrollo de raíces y por consiguiente mejor crecimiento de la planta y composición del sustrato.

Se realizó un análisis de varianza que proporciona un fundamento matemático-estadístico para demostrar que la diferencia es significativa entre tratamientos. Se muestra a continuación:

CUADRO 8
Análisis de varianza para el peso seco de raíces en los esquejes de *Dieffembachia spp.*

F.V.	GL	SC	CM	Fo	Ft ($\alpha=0,5$)
Factor	3	18,362	6,121	5,01	4,07
Error (e)	8	9,767	1,221		
Total	11	28,129	-----	-----	-----

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

El análisis de varianza demuestra que si existe diferencia significativa entre tratamientos. Para conocer cuál de los tratamientos es mejor se realiza la siguiente tabla con la prueba de Tukey.

CUADRO 9
Prueba de Tukey para el peso seco, en gramos, de raíces en los esquejes de *Dieffembachia spp.*

Factor	N	Media	Agrupación
T1	3	5,13	A
T4	3	3,367	AB
T3	3	2,333	AB
T2	3	1,933	B

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

Los resultados de la prueba de Tukey demuestran que el tratamiento T1 (60 % lombricompost + 40 % acículas de pino) y el T2 (40 % lombricompost + 40 % suelo + 20 % piedra pómez) tienen una diferencia bastante marcada, en el cuadro 9 las medias que no comparten una letra son diferentes. Mientras que los tratamientos T3 (50 % lombricompost + 50 % suelo) y T4 (90 % fibra de coco + 10 % suelo) tienen valores intermedios entre los dos primeros tratamientos mencionados.

La diferencia entre el T1 y T2, puede deberse a la composición física y/o química de los sustratos. Así en el T2 la mayoría de variables respuesta analizadas resultó en valores desfavorables, en cuanto al peso seco de raíces se obtuvo el menor valor con respecto a los demás tratamientos, con 1,933 g de peso por tratamiento.

3.1.4. Variable pH

La doctora María Giovanna Davoli, de Italia, describe en su página de internet "elicriso.it", que la *Dieffembachia* es una planta que se desarrolla en sustratos ligeramente ácidos de entre 5,5 y 6,5. Los tratamientos T1, T3 y T4 son los que cumplen con éste rango, mientras que el T2 queda por debajo del pH al que es tolerable la planta.

CUADRO 10
pH promedio de cada tratamiento

Tratamiento	pH promedio
T1	5,9
T2	5,2
T3	5,6
T4	6,2

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

Se puede decir que los mejores tratamientos fueron aquellos en los que el pH se acercaba al valor neutro de 7,0, que corresponden al T1 y T4.

3.1.5. Variable porcentaje de pegue

Ésta variable muestra el grado de respuesta del esqueje a las condiciones que proporciona el sustrato, para favorecer su implante al mismo.

CUADRO 11
Porcentaje de pegue de los esquejes, por tratamiento

Tratamiento	Esquejes por tratamiento	Esquejes enraizados	Porcentaje de pegue (%)
T1	21	19	90,48
T2	21	17	80,95
T3	21	20	95,24
T4	21	18	85,71

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

La variable fue afectada principalmente por la pudrición parcial de esquejes, principalmente en el T4 (90 % fibra de coco y 10 % suelo), pues retiene una buena porción del agua que se aplica en el riego; mientras que en los tratamientos T1 (60 % lombricompost + 40 % acículas de pino) y T3 (50 % lombricompost + 50 % suelo) los

resultados en el cuadro 13 muestran que obtuvieron los mayores porcentajes de implante de los esquejes a los sustratos, con valores de 90,48 % y 95,24 % respectivamente.

3.1.6. Variable número de brotes

El número de brotes se vio influenciado por el desarrollo de raíces, de manera que aquellos esquejes que tenían mayor densidad de raíces fueron las que presentaron más brotes por esqueje.

CUADRO 12
Número de brotes por tratamiento

Tratamiento	Esquejes enraizados	Brotos por tratamiento
T1	19	34
T2	17	25
T3	20	31
T4	18	33

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

El máximo de brotes por esqueje fue de dos. El mayor número de brotes se observó en el tratamiento T1, compuesto por 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino secas.

3.2. Análisis de costos

A continuación, se describen dos tipos de costos; el primero son los fijos refiriéndose a éstos como, aquellos iguales en que se incurre en todos los tratamientos; y los variables, en donde se muestran los costos de inversión de cada tratamiento.

CUADRO 13
Costos fijos durante el experimento

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo (Q)	Subtotal (Q)
• Depreciación de invernadero	1	unidad	171,61	577,67
• Depreciación de instrumentos manejo experimental	1	unidad	9,06	
• Arrendamiento de terreno	3	mes	47,00	
• Transporte	1	unidad	50,00	
• Bolsas de polietileno	84	unidad	5,00	
• Desinfectante de suelo	50	cm ³	35,00	
• Fertilizante	2	lb	75,00	
• Plantas de <i>Dieffembachia spp.</i>	12	unidad	180,00	
• Azufre (para tratar el corte en los esquejes)	50	g	5,00	

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

Los cálculos de depreciación fueron realizados en base a lo que establece el Decreto 26-92, del Congreso de la República de Guatemala, donde se emplea el método lineal.

Para el invernadero se determinó un costo total de Q. 3430,80; una vida útil de 4 años, debido principalmente a la película plástica (*nylon*), según las especificaciones del fabricante; y un valor residual de Q. 560,00 correspondientes a los postes centrales y laterales. El cálculo fue efectuado para tres meses, tiempo que duró el experimento.

Dentro de los costos de construcción del invernadero se contemplan los materiales de construcción, herramientas utilizadas y mano de obra.

Para los instrumentos de manejo experimental, se calculó una depreciación de 2,08 % mensual, sobre el total de costos que fueron de Q. 145,00.

La mano de obra o jornal fue en base al salario mínimo, establecido por el Ministerio de Trabajo en Guatemala, para el año 2015,

correspondiente a Q. 78,72 diarios, más la bonificación respectiva para los 15 d de jornales, equivalentes a Q 125,00.

El cálculo de arrendamiento del terreno fue realizado en base a la estructura de costos de producción del MAGA, para un 1/3 de cuerda.

CUADRO 14
Costos variables durante el experimento

Concepto		Cantidad por tratamiento	Unidad	Costo (Q)	Subtotal (Q)
T1	• Lombricompost	27	lb	13,50	18,50
	• Acículas secas de pino	3	lb	5,00	
T2	• Lombricompost	13	lb	6,50	12,50
	• Suelo fértil	13	lb	-----	
	• Piedra pómez	6	lb	6,00	
T3	• Lombricompost	16	lb	8,00	8,00
	• Suelo fértil	14	lb	-----	
T4	• Sustrato comercial (fibra de coco)	½	Paca	35,00	35,00
	• Suelo fértil	3,5	lb	-----	

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

El cuadro 14 muestra los costos por tratamiento, en este tipo de costos la causa de variación se debe a la materia prima usada para la elaboración de los distintos sustratos.

Una vez estimado los costos fijos y variables se establecieron los costos totales, a continuación, se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 15
Costo total por tratamiento

Tratamiento	Costo fijo (Q)	Costo variable (Q)	Costo total (Q)
T1	577,67	18,50	596,17
T2	577,67	12,50	590,17
T3	577,67	8,00	585,67
T4	577,67	35,00	612,67

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

Para realizar el análisis de rentabilidad es indispensable tener como referencia los costos de inversión que fueron utilizados.

CUADRO 16
Análisis de rentabilidad, en base a la ganancia futura y los costos de inversión por tratamiento

Tratamiento	Plantas por tratamiento	Precio de venta por planta (Q)	Costo total por tratamiento (Q)	Rentabilidad (%)
T1	19	15,00	596,17	- 47,80
T2	17	15,00	590,17	- 43,21
T3	20	15,00	585,67	- 51,22
T4	18	15,00	612,67	- 44,07

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

El análisis de rentabilidad se realizó en base al índice de retorno sobre inversión (*ROI* por sus siglas en inglés) que mide la rentabilidad de la elaboración de sustratos con respecto a su inversión. Para este caso se estimó un precio de venta de 15,00 Q/planta.

La fórmula del *ROI* es:

$$ROI = (\text{Utilidad Neta} / \text{Inversión}) \times 100$$

El *ROI* negativo en todos los tratamientos indica que no son rentables los sustratos para fines experimentales, esto debido a que el espacio del invernadero estaba sub-utilizado. Pero si se realiza una proyección para 100 plantas por sustrato y los mismos 3 meses, el *ROI* empieza a ser positivo de manera que se estarían usando eficientemente los costos de inversión para producción de plantas de *Dieffembachia spp.*; y aun así se estaría sub-utilizando el invernadero.

Es necesario mencionar que para dicho análisis no se considera ningún tipo de impuesto y durante el año en que se llevó a cabo el experimento, el valor real del quetzal era de 82,18.

CONCLUSIONES

- a) De los tres sustratos artesanales evaluados, en comparación al comercial, el tratamiento 1, que corresponde a 60 % lombricompost + 40 % acículas de pino, es el que presentó mejores resultados. Con un rango de tiempo de formación de nuevos brotes de 41-60 d entre repeticiones, un mayor peso fresco de raíces con un valor de 71,2 g por tratamiento y también el mayor peso seco por tratamiento de todos los sustratos evaluados de 5,13 gramos.
- b) Los sustratos de fabricación artesanal T1 y T3, presentaron buenos resultados para reproducción de *Dieffembachia spp.* por medio de esquejes. Los efectos que produjeron son: buen sistema radicular; un rango de formación de nuevos brotes similar al comercial (90 % Fibra de coco + 10 % suelo), con una variación máxima de 4 d entre tratamientos; y pH ligeramente ácido, entre 5,2 - 5,9, tolerable para la planta.
- c) El tratamiento T2 (40 % lombricompost + 40 % suelo + 20 % piedra pómez) fue el que produjo resultados menos eficientes en las variables respuesta, en comparación a los demás tratamientos.
- d) Los sustratos no son rentables para fines experimentales, debido a que no se recuperan los costos de inversión, la razón de esto es la sub-utilización del invernadero; pero a partir de una producción igual o mayor a 100 plantas por tratamiento, los sustratos empiezan a ser rentables, recuperando costos y obteniendo una ganancia. Y de tal caso la mayor rentabilidad se observaría en el T2, y la mínima en el T4. Debido a la materia prima de los sustratos.

- e) La hipótesis planteada, en la que se indicaba que el sustrato compuesto por 60 % lombricompost + 40 % acículas secas de pino, correspondiente al T1, es acertada. Se comprobó en el desarrollo de raíces, pues de todos los tratamientos evaluados inclusive el testigo, fue el que produjo mayor biomasa de éstas.

- f) Para enraizar esquejes, una buena opción es utilizar sustratos preparados artesanalmente, pues proveen a la planta una buena relación físico-químico, además de nutrientes, pH, aireación, etc. Siempre y cuando se usen plantas madres sanas.

RECOMENDACIONES

- a) Utilizar sustrato con una proporción de 60 % lombricompost + 40 % acículas secas de pino, para reproducir *Dieffembachia spp.* pues presenta buenas características tanto químicas como físicas que promueven un adecuado desarrollo de esquejes.
- b) Los sustratos de elaboración artesanal se pueden utilizar como alternativa para propagación de plantas, pues son más rentables que aquellos que se adquieren comercialmente y puede añadirseles elementos para modificar y suplir los requerimientos físicos, químicos y biológicos necesarios.
- c) Cuando se utiliza sustrato de fibra de coco se debe controlar el agua que se aplica, pues retiene gran parte de ésta; además pueden propiciar la aparición de enfermedades fungosas o bacterianas, principalmente en las plantas susceptibles a la humedad, tal es el caso de la *Dieffembachia spp.*
- d) Evaluar otras propiedades de los sustratos artesanales, distintos al pH; ya que para el presente trabajo se midieron, en su mayoría, las respuestas de la *Dieffembachia spp.* a las condiciones de los sustratos. Algunas de las propiedades de los sustratos que se pueden evaluar son: capacidad de intercambio catiónico, porosidad, conductividad eléctrica, etc.
- e) A la *Dieffembachia spp.* por ser una planta susceptible al ataque fungoso, se debe aplicar algún cicatrizante en los esquejes, para evitar la aparición de hongos, así mismo los sustratos a utilizar, deben ser desinfectados.

- f) Es importante tomar medidas necesarias durante la manipulación de la *Dieffembachia spp.*, pues la savia que secreta la planta es tóxica para seres humanos y animales, provoca inflamación en las vías respiratorias, si se ingiere; o salpullido y comezón al contacto con la piel. Se recomienda la utilización de guantes, no ingerir alimentos durante la manipulación y lavarse las manos al final del trabajo con las plantas.

- g) Evaluar productos como: cascarilla de arroz, viruta de pino y pulpa de café, como otras alternativas de sustratos artesanales; las dos primeras como elementos de aireación en los sustratos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ansorena, E. Batalla y D. Merino. *Evaluación de calidad y uso*. http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/Evaluacion_de_la_calidad_y_usos.pdf (11 de marzo de 2015).
- Barbaro, Lorena A. Et. Al. *Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. <http://inta.gob.ar/documentos/importancia-del-ph-y-la-conductividad-electrica> (20 de marzo de 2015).
- Burés Pastor, Silvia. *Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas*. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf> (22 de marzo de 2015).
- Cabascango López, Wilson. *Evaluación de sustratos para el enraizamiento de estacas de rosa*. 2008. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6751/1/UPS-YT00026.pdf> (11 de marzo de 2015).
- Casanova, Antonio. Et. Al. *Efecto de tipos de bandejas y sustratos en la propagación de esquejes y la floración del crisantemo (Dendranthema grandiflora Tzvelev) cultivar Polaris*. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, 2007.
- Cid Ballarín, Carmen. *Sustratos*. http://www.sech.info/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=13&Itemid=23 (11 de marzo de 2015).
- Composición del sustrato ideal para el huerto urbano*. 2015. <http://metrohuerto.com/2015/03/25/composicion-del-sustrato-ideal-para-el-huerto-urbano/> (26 de marzo de 2015).
- Fabrica tu propio sustrato para plantas en macetas*. <http://jardinieriaplantasyflores.com/sustrato-para-plantas-en-macetas/> (11 de marzo de 2015).

- Gómez M, Federico. *Evaluación del bokashi como sustrato para semilleros en la región atlántica de Costa Rica*. 2001. http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/bokashi_sustrato_para_semilleros_cr.pdf (11 de marzo de 2015).
- Guy Sela, Uzi Kafkafi. Et. Al. *La capacidad de intercambio catiónico*. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/Capacidad-Intercambio-Cationico> (22 de marzo de 2015).
- Iskander Cabrera, Raúl. *Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta*. 2002. <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia06.pdf> (22 de marzo de 2015).
- Karlanian, Mónica. *Compost de restos de poda*. 2011. <http://inta.gob.ar/documentos/compost-de-restos-de-poda> (11 de marzo de 2015).
- Peatmoss floración 50 litros*. <http://www.turbasycocos.com/detalle.php?nId=213> (24 de marzo de 2015).
- Qué es un sustrato*. http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31 (11 de marzo de 2015).
- Sustrato para plantas en macetas*. <http://www.ecoagricultor.com/sustratoplantas-macetas/> (11 de marzo de 2015).
- Taiariol, Darío Rubén. *Propagación vegetativa*. 2009. <http://www.monografias.com/trabajos13/propaveg/propaveg.shtml> (11 de marzo de 2015).
- Tipos de sustratos de cultivo*. http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm (11 de marzo de 2015).
- Tipos de sustratos para hidroponía*. http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1 (24 de marzo de 2015).
- Tipos de sustratos*. 2012. <http://blog.briconatur.com/tipos-de-sustratos/> (24 de marzo de 2015).
- Uría, Rolando. *Sustratos inorgánicos*. <http://plantasyjardin.com/2011/09/sustratos-inorganicos/> (24 de marzo de 2015).

Valverde, Yorleny Badilla y Olman Murillo Gamboa. *Enraizamiento de estacas de especies forestales*. 2005. <http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/viewFile/538/464> (11 de marzo de 2015).



V.O.B.
Adán García Veliz

Adán García Veliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario



ANEXOS

CUADRO 17

pH de algunos componentes utilizados para formular sustratos analizados en el laboratorio del instituto de Floricultura del INTA

Material usado como sustrato	pH
Compost de corteza de pino	4,3
Compost de resto de poda	7,6
Pinocha	5,1
Turba subtropical	4,5
Turba sphagnum	3,4
Turba de carex	4,6
Lombricompost	7,3
Fibra de coco	5,8
Perlita	7,7
Vermiculita	8,4

Fuente: Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf (Consultado en agosto de 2015).

CUADRO 18
Grado de tolerancia a la alta concentración de sales de algunas especies ornamentales

Tolerancia a la alta concentración de sales				
Baja		Media		Alta
Azalea	Jazmín	Cleome	Freesia	Clavel
Camelia	Ficus Benjamina	Cleorodendro	Geranio	Crisantemo
Amaryllis	Pimiento	Dahlia	Gioxinia	Dieffembachia
Crocus	ornamental	Clavelina	Alegría del	Estrella
Narciso	Violeta Africana	Cineraria	Hogar	Federal
	Ageratum	Geranio	Marigold	
	Anemona	Rosa china	Nueva Guinea	
	Anigozantus	Hortensia	Orquídeas	
	Asclepia	Kalanchoe	Pensamiento	
	Aster	Delfinium	Prímula	
	Brinco	Lilium	Salvia	
	Begonia	Azucena	Streptocarpus	
	Caladium	Lobelia	Conejito	
	Calceolaria	Ipomea	Zinnia	
	Celosia	Cala	Platycodon	
	Cineraria	Trébol	Portulaca	
	Coleus	Petunia	Ranunculus	
	Cosmos	Phlox	Capanula	
	Cyctamen	Verbena	Santa Teresita	
	Rosa	Alyso	Clavel	
	Girasol	Santa Rita	Alstroemeria	
	ornamental			
	Caléndula			

Fuente: Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf (Consultado en agosto de 2015).

CUADRO 19

Propiedades físicas de un sustrato ideal y de algunos sustratos comúnmente empleados en la producción de plantas ornamentales en maceta

Sustrato	Porosidad total	Retención de agua	Capacidad de aireación	Agua disponible	Peso húmedo
	(% en base al volumen total del sustrato)				(kg litro ⁻¹)
Sustrato ideal	70 - 85^x	55 - 70	10 - 20	30	1,0 - 1,5
Turba ^y - perlita	93	73	20	48	0,87
Vermiculita	94	81	13	60	0,99
Mezcla U. de C. ^z	73	62	11	44	1,14

^x Valores determinados en macetas de 15 cm de profundidad y bajo condiciones de capacidad de contenedor (riego de saturación seguido por drenaje hasta equilibrio hídrico).

^y Se considera turba de musgo *Sphagnum*.

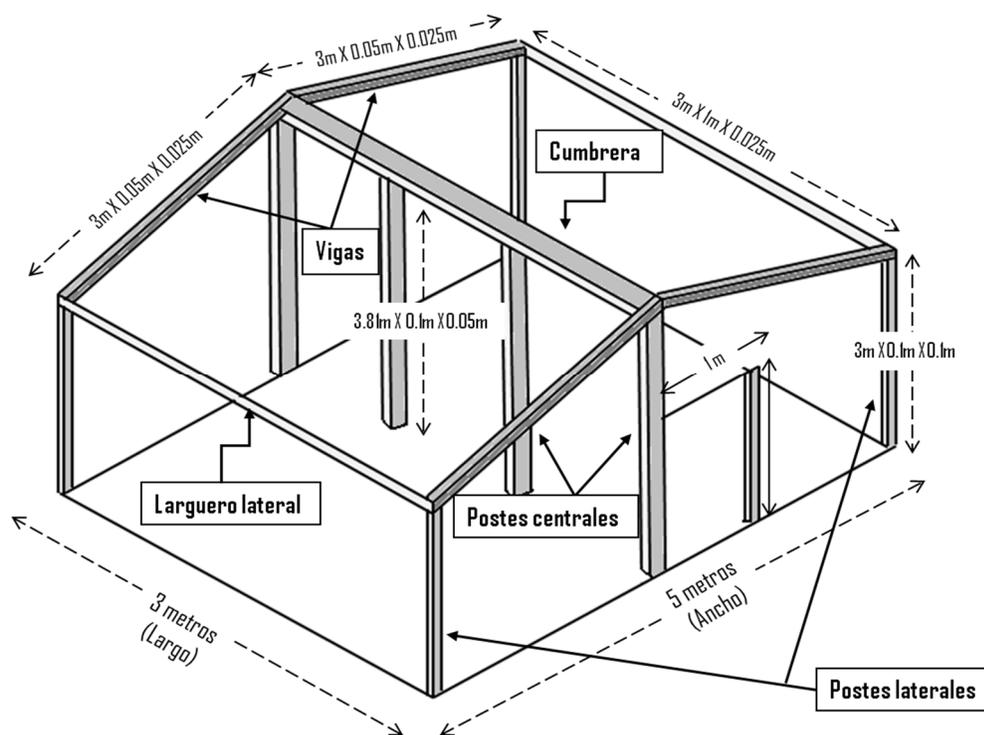
^z Mezcla compuesta de partes iguales de Turba, Arena y Aserrín de madera de *Sequoia*.

Fuente: Disponible en:

<http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia06.pdf>. (Consultado en agosto de 2015).

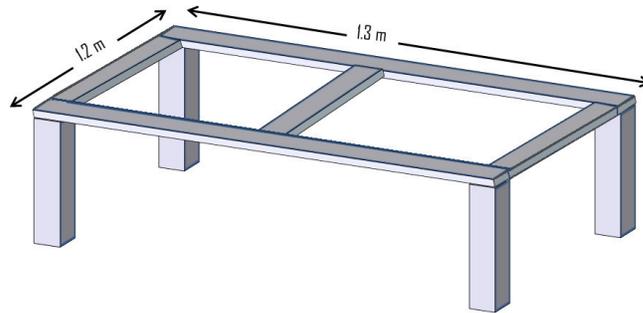
IMAGEN 1

Estructura del invernadero



Fuente: Trabajo de campo. Año 2015.

IMAGEN 2
Estructura de la mesa para las bolsas



Fuente: Trabajo de campo. Año 2015.

FOTOGRAFÍA 1
Construcción del invernadero



Tomada por: Mario Otuc Toribio. Año 2015.

FOTOGRAFÍA 2
Preparación de sustratos y llenado de bolsas



Tomada por: Mario Otuc Toribio. Año 2015.

FOTOGRAFÍA 3
Establecimiento de esquejes de *Dieffembachia* spp.



Tomada por: Mario Otuc Toribio. Año 2015.

FOTOGRAFÍA 4
Formación de los primeros brotes



Tomada por: Mario Otuc Toribio. Año 2015.

FOTOGRAFÍA 5

Desarrollo de brotes de los esquejes



Tomada por: Mario Otuc Toribio. Año 2015.

FOTOGRAFÍA 6

Preparación de los esquejes para la toma de datos



Tomada por: Mario Otuc Toribio. Año 2015.

CUADRO 20
Cronograma de actividades

Evaluación de tres sustratos artesanales para enraizamiento de esquejes de hoja de la suerte (<i>Dieffembachia spp.</i>)	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana			
Actividades a realizar	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selección de área para el experimento				■																
Preparación de instalación					■	■	■													
Preparación del sustrato								■												
Desinfección de sustratos								■	■											
Selección de plantas madre									■											
Preparación de esquejes									■	■										
Establecimiento de esquejes										■	■	■								
Fertilización									■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Riego									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Control de plagas y enfermedades									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recolección de datos									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



No. 052-2018

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Al trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS ARTESANALES Y UNO COMERCIAL PARA PROPAGACIÓN DE HOJA DE LA SUERTE (*Dieffembachia spp.*) MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES

Presentado por el (la) estudiante:

MARIO ERNESTO OTUC TORIBIO

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 30 de Enero de 2018


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

