

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un substrato estándar.

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL
MEDIO RURAL

ALUMNA: Dña. Karen Anabel Gaibor Tulcanaz

TUTOR: D. Vicente Castell Zeising

COTUTORA: Dña. M^a Desamparados Soriano Soto

Curso Académico: 2015/2016

VALENCIA, 19 SEPTIEMBRE DE 2016



Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Resumen

Teniendo en cuenta el uso e importancia de las plantas aromáticas y medicinales (PAM) y centrandolo el estudio en la *Aloysia citriodora* Palau, usada por sus propiedades medicinales y, en especial, por su aroma cítrico, se ha decidido contribuir con un estudio agronómico respecto a esta especie.

El estudio se centró en la propagación vegetativa de esta especie por medio de esquejes, que se desarrollaron en distintas combinaciones de los sustratos tierra, fibra de coco y vermicompost. También se observó la diferencia del número de plantas obtenidas según el emplazamiento, umbráculo e invernadero, dónde se efectuó el enraizamiento. Cuando el enraizamiento estuvo completado se realizó una comparación de distintas dosis de abonado nitrogenado, usando nitrato potásico, observando la respuestas de las plantas a dichas dosis en la masa foliar y de raíz obtenidas después de la aplicación del abonado.

Al disponer de material vegetal se decidió contrastar el estudio en forma paralela con otra especie perteneciente a las PAM: saúco (*Sambucus nigra* L.). Así se pudieron comparar dos especies de exigencias ambientales diferentes.

Uno de los principales resultados que se obtuvieron fue la mejor respuesta de hierba Luisa al aumentar las proporciones de fibra de coco en los sustratos. En cambio el saúco respondió en este sentido al aumentar el porcentaje de vermicompost en el sustrato.

De las diferentes dosis de fertilizante nitrogenado utilizadas en este trabajo la que mejor resultados proporcionó fue la intermedia (la equivalente a 40 kg /ha de N).

Palabras Clave: *Aloysia*, *Sambucus*, propagación, estaquillas, sustrato, fertilización.

ALUMNA: Dña. Karen Anabel Gaibor Tulcanaz
TUTOR: D. Vicente Castell Zeising
COTUTORA: Dña. M^a Desamparados Soriano Soto
Curso Académico: 2015/2016

VALENCIA, 19 SEPTIEMBRE DE 2016

Summary:

Given the use and importance of medicinal and aromatic plants (MAP) and focusing the study on *Aloysia citriodora* Palau, used because its medicinal properties and, in particular, for its citrus scent, it has been decided to contribute with an agronomic study with this species.

The study focused on vegetative propagation of by cuttings this species, which was developed in different combinations of substrates: soil, coconut fiber and vermicompost. The difference in the number of plants obtained was also observed depending on the location, shade house and greenhouse, where the rooting took place. When rooting was completed a comparison of different doses of nitrogen fertilization was performed, using potassium nitrate, observing the responses of plants (foliar and root mass obtained).

Due to plant material disposal it was decided to contrast the study in parallel with other species belonging to the MAP: elderberry (*Sambucus nigra* L.). So it was possible to compare two species of different environmental requirements.

One of the main results obtained was the best response of verbena by increasing the proportions of coconut fiber on the substrates. Instead, the elderberry responded, in this regard, by increasing the percentage of vermicompost on the substrate.

From the different doses of nitrogen fertilizer used in this work the best results were provided by the intermediate one (equivalent to 40 kg / ha of N).

Keywords: *Aloysia*, *Sambucus*, propagation, cuttings, substrates, fertilization.

STUDENT: Karen Anabel Gaibor Tulcanaz
ACADEMIC TUTOR: Vicente Castell Zeising
ACADEMIC CO-TUTOR: M^a Desamparados Soriano Soto
Academic Course: 2015/2016

VALENCIA, 19 th SEPTEMBER 2016

A toda mi familia,
a mi mami Hipa,
a mi mami María,
a mis tíos Manuel y Rebeca.

Gracias por ayudarme a cumplir mis sueños.

También gracias a quienes me ayudaron en la realización del TFG,
a mi hermana Itziar por ser desde el principio mi apoyo moral,
a mi cotutora Amparo por su ayuda en el laboratorio
y en especial a mi tutor Vicente por ser mi guía durante todo este proceso.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1 Objeto.....	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Planificación del estudio	1
1.4 Condiciones climatológicas durante el estudio	2
2. Materiales y métodos	4
2.1 Material vegetal.....	4
2.1.1 Hierba Luisa	4
2.1.2 Saúco	5
2.2 Sustrato.....	6
2.3 Propagación.....	9
2.4 Enraizamiento	10
2.5 Desarrollo vegetativo y abonado.....	11
2.6 Porcentaje de materia seca	12
3. Resultados y discusión	13
3.1 Caracterización del suelo	13
3.2 Resultados de la fase de enraizamiento.....	15
3.3 Resultados del desarrollo vegetativo y abonado	18
4. Conclusiones	24
5. Bibliografía	25
ANEJOS	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: cultivo de hierba luisa en 2015 (Navarrés, Valencia)	1
Figura 2: ubicación invernadero 17 y umbráculo, dónde se llevó a cabo la fase de enraizamiento	2
Figura 3: condiciones de temperatura y humedad relativa durante la fase de desarrollo vegetativo	3
Figura 4: planta hierba luisa (UPV, camino de Vera)	4
Figura 5: hojas y flores de la hierba luisa.....	5
Figura 6: planta de saúco (UPV, camino de Vera).....	5
Figura 7: hojas y flores del saúco (UPV, camino de Vera).....	6
Figura 8: diferencia de color entre los sustratos. 1 T, 2 FC25, 3 FC50, 4 FC75, 5 V75, 6 V50 y 7 V25.....	7
Figura 9: diferencias de color entre las preparaciones para medir M.O. según el sustrato	8
Figura 10: color al que viran las preparaciones después de aplicar FeSO ₄	8
Figura 11: relleno de las bandejas con los sustratos.....	10
Figura 12: bandejas forestales en bandeja y el plástico con el que se cubrirá.....	10
Figura 13: sensor térmico portátil utilizado	11
Figura 14: plantas de hierba luisa extraídas de las bandejas forestales	11
Figura 16: eliminación del sustrato sobrante entre las raíces de las plantas	12
Figura 15: disposición de las macetas y orden de las dosis de abonado. A corresponde a 0 g de N, B a 0,25 g y C a 0,50 g	12
Figura 17: división de la planta en hojas y raíces.....	13
Figura 18: hojas en la estufa.....	13
Figura 19: diagrama de barras del número de plantas de hierba luisa con hojas según el sustrato y emplazamiento	15
Figura 20: diagrama de barras del número de plantas de hierba luisa enraizadas según el sustrato y emplazamiento	16
Figura 21: diagrama de barras del número de plantas de saúco con hojas según el sustrato y emplazamiento	16
Figura 22: diagrama de barras del número de plantas de saúco enraizadas según el sustrato y emplazamiento	17
Figura 23: diagrama de barras del número total de plantas en función del emplazamiento.....	18
Figura 24: diferencia de los pesos frescos obtenidos en hierba Luisa respecto a los sustratos .20	
Figura 25: diferencia de los pesos frescos obtenidos en saúco respecto a los sustratos.....	20

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Figura 26: diferencia de los pesos frescos obtenidos en hierba Luisa respecto a la dosis de abonado 21

Figura 27: diferencia de los pesos frescos obtenidos en saúco respecto a la dosis de abonado .. 21

Figura 28: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en hierba Luisa respecto a los sustratos..... 21

Figura 29: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en saúco respecto a los sustratos 22

Figura 30: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en hierba Luisa respecto a la dosis de abonado 22

Figura 31: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en saúco respecto a la dosis de abonado 22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: diferencias térmicas y de humedad relativa entre parcela, umbráculo y cubierta plástica	3
Tabla 2: composición de los sustratos utilizados	7
Tabla 3: volumen utilizado de FeSO ₄ para cada sustrato y el testigo.....	8
Tabla 4: porcentaje C en los sustratos.....	9
Tabla 5: pesos obtenidos de las partículas de los sustratos según su tamaño.....	9
Tabla 6: pH de los sustratos	13
Tabla 7: conductividad de los sustratos.....	14
Tabla 8: porcentaje de materia orgánica en los sustratos	14
Tabla 9: Densidad aparente de los sustratos.....	14
Tabla 10: Porcentaje de partículas según su tamaño en cada sustrato	14
Tabla 11: resultados del enraizamiento de la hierba luisa y saúco.....	15
Tabla 12: suma total de las plantas, de ambas especies, según su emplazamiento	17
Tabla 13: datos de hojas y raíces en plantas de hierba luisa y saúco. PHF (peso de hojas fresco), PHS (peso de hojas seco), MSH (materia seca hojas) en % (porcentaje), PRF (peso de raíz fresco), PRS (peso de raíz seco), MSR (materia seca raíces) en %	18

1. Introducción

1.1 Objeto

La tendencia actual del uso de productos naturales de origen vegetal para la alimentación, medicina e industria, reemplazando así productos sintéticos, propicia el estudio de medios y métodos que favorezcan la propagación de las especies vegetales de las cuales se extraen dichos productos ya que han convertido en especies de cultivo como se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1: cultivo de hierba luisa en 2015 (Navarrés, Valencia)

En este caso se estudió la propagación de la hierba luisa o *Aloysia citriodora*, por los diferentes usos que se le da al ser una planta aromática y medicinal. Se comparó la propagación de la hierba luisa, introducida desde Sudamérica, con la del saúco al ser éste una especie muy extendida en zonas templadas de Europa. Para hacer una correcta comparación se sometió la hierba luisa y el saúco a los mismos procedimientos realizados en este estudio.

En vista de que la mayoría de estudios realizados sobre esta especie han sido enfocados principalmente a los procesos de industrialización de la planta como, por ejemplo, la extracción de aceites esenciales de hierba Luisa y el estudio de su composición y utilización del mismo, se ha considerado importante contribuir al estudio agronómico de esta especie que está actualmente en auge al aumentar su cultivo, p.ej. en zonas como la comarca de “la Canal de Navarrés” en la Comunidad Valenciana.

1.2 Objetivos

Teniendo en cuenta la dificultad que presenta la multiplicación de la hierba luisa, ya sea por semilla o de manera vegetativa, los objetivos de este estudio fueron:

- Caracterizar los sustratos que se usarán en el estudio.
- Determinar el mejor emplazamiento y sustrato para realizar la propagación vegetativa. El sustrato se determinará entre las combinaciones propuestas de tierra (T), fibra de coco (FC) y vermicompost (V).
- Indicar la dosis más adecuada para la realización de un abonado nitrogenado, en este caso con nitrato potásico.

1.3 Planificación del estudio

Por los objetivos planteados el estudio se dividió en dos fases. La fase de enraizamiento y la fase de desarrollo vegetativo con aplicación de nitrato potásico.

La fase de enraizamiento es el principio de la propagación vegetativa y consistió en:

- Primero la extracción de esquejes¹ de la planta madre.
- Segundo la colocación de los esquejes en bandejas forestales, previamente han sido rellenas con los distintos sustratos.
- por último, la colocación de las bandejas forestales en el invernadero y el umbráculo de la parcela, ambos dentro de la UPV Campus Vera, como se muestran en la figura 2.



Figura 2: ubicación invernadero 17 y umbráculo, dónde se llevó a cabo la fase de enraizamiento

El invernadero es un recinto en el que se mantienen condiciones ambientales adecuadas para favorecer el cultivo de plantas. Mientras que el umbráculo (en este estudio) es un espacio cubierto de una malla de sombreo que da paso al aire y resguarda a las plantas de la fuerza del sol. El colocar las bandejas forestales en el invernadero y el umbráculo permitió observar la influencia del ambiente en el enraizamiento de las estaquillas.

En la fase de enraizamiento, para cada sustrato, se tomó como datos el número de plantas que presentan hojas y el número de plantas que tienen raíces desarrolladas.

La fase de desarrollo vegetativo se desarrolló en el umbráculo de la parcela. En esta fase se trasplantó, desde las bandejas forestales a maceta, las plantas que presentaron un correcto enraizamiento. Posteriormente se realizó un riego y abonado dosificados, que siguieron un calendario durante los meses de mayo y junio.

Terminado el calendario de riegos y abonado se procedió a la recolección de las plantas en estudio, que fueron llevadas al laboratorio dónde se pesó en fresco y seco tanto hojas como raíces. Los pesos tomados servirán como datos para obtener los resultados que permitan cumplir con los objetivos.

1.4 Condiciones climatológicas durante el estudio

Durante la fase de enraizamiento las estaquillas fueron sometidas a diferentes condiciones ambientales según su ubicación. Dentro del invernadero las condiciones ambientales se mantuvieron constantes: la temperatura nocturna mínima no bajó de 16 °C y la temperatura diurna no bajó de los 20°C, para mantener la humedad se realizó un riego constante con un sistema de microaspersión que suministró un caudal teórico de 9,9 L dividido en tres riegos al día (tres minutos de duración cada uno). Con respecto a las estaquillas ubicadas durante esta fase en el umbráculo se puede mencionar que recibieron riego en días alternos con la intención de mantener una humedad adecuada para el desarrollo de las mismas. Las temperaturas medidas en diferentes fechas fuera del umbráculo (en la parcela), dentro del mismo y bajo la cubierta plástica (utilizada para conservar la humedad en las estaquillas) han presentado diferencias máximas entre ellas de 0 a 3°C aproximadamente, tal como se puede apreciar en la tabla 1. Como es lógico, la HR registrada bajo cubierta plástica fue muy superior que la medida en condiciones exteriores.

¹se llama esqueje, estaca o estaquilla un trozo de tallo, hoja o raíz que se pone a enraizar para formar un nuevo individuo

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Tabla 1: diferencias térmicas y de humedad relativa entre parcela, umbráculo y cubierta plástica

Tª parcela (°C)	Tª umbrác. (°C)	Tª cubierta plást. (°C)	fecha	HR parcela (%)	HR umbrác. (%)	HR cubierta plást. (%)
23,51	20,4	20,2	29-mar	36,44	45	91
23,44	21,6	21,4	31-mar	34,46	48	72
23,75	23,2	23,1	07-abr	40,04	47	66
23,48	20,1	19,8	11-abr	38,25	41	59

La fase de desarrollo vegetativo y abonado se efectuó en el umbráculo durante primavera-verano bajo las condiciones ambientales reflejadas en la figura 3.

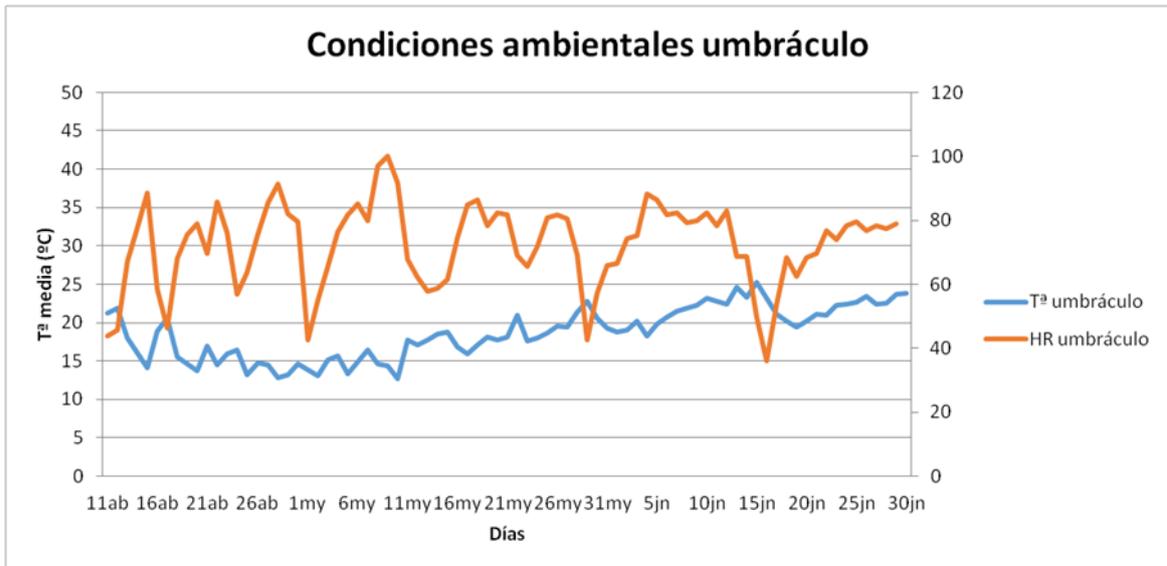


Figura 3: condiciones de temperatura y humedad relativa durante la fase de desarrollo vegetativo

2. Materiales y métodos

2.1 Material vegetal

Como material vegetal se tiene hierba luisa, el objeto principal del estudio, y saúco. Con el saúco se realiza una comparación frente a la hierba luisa, ya que son sometidos a los mismos procedimientos del estudio.

2.1.1 Hierba Luisa

La hierba luisa, cedrón o marialuisa es una especie conocida científicamente como *Aloysia citriodora* Palau, *Aloysia triphylla* o *Lippia citriodora*, entre otros nombres. En la figura 4 se muestra una planta adulta en el recinto de la UPV.



Figura 4: planta hierba luisa (UPV, camino de Vera)

Taxonómicamente se clasifica en:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Aloysia*

Especie: *Aloysia citriodora* Palau

Es una planta utilizada por su agradable aroma y sabor cítrico, se usa dentro de la industria en la elaboración de licores, jabones, perfumes y en fresco para la preparación de infusiones. La infusión de las hojas de hierba luisa se usa en medicina popular como digestivo, carminativo, antiespasmódico en caso de dolor estomacal y como ligero calmante. Además, los aceites obtenidos de esta planta tienen actividad acaricida y bactericida. De las hojas frescas y sumidades florales se puede extraer de 0,2 a 0,25 % de aceite esencial, que estará compuesto por: 25% de citral (aldehído antiséptico), levolimonoeno, geraniol, verbenona, sesquiterpeno levógiro ($C_{15}H_{14}$), cetonas y parafina.

La hierba luisa es originaria de Sudamérica, distribuida principalmente en Chile y Argentina, desde donde fue introducida a Europa en 1784 para ser plantada en su mayoría en la zona mediterránea. Tiene preferencia por suelos franco arenoso, con buena permeabilidad y situado en zonas de clima templado-cálido, con buena insolación; también se puede cultivar en zonas de clima templado, pero bajo cubierta para evitar problemas por bajas temperaturas, al ser termófila no sobrepasa los 800 m de altitud. Al preferir climas cálidos también tiene altos requerimientos de agua, en especial durante el verano.

Desde un punto de vista botánico (Muñoz López de Bustamante, 2002) se trata de una verbenácea vivaz, leñosa, arbustiva, que puede alcanzar un metro y más de altura. Tiene tallos largos, delgados y asurcados por pequeñas costillas longitudinales. Las hojas están insertadas en

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

cada nudo, en vértices de tres; tienen un pecíolo corto y son lanceoladas, de borde entero, con una nerviación central muy saliente por su envés, de la que parten en forma casi perpendicular numerosas nerviaciones secundarias. Sobre las espigas terminales de los tallos se agrupan las flores pequeñas, blancas por fuera y violáceas por su interior (figura 5). El cáliz es tubuloso y contiene la corola de cuatro pétalos soldados que forman un tubo en su base y se abren en forma de estrella de cuatro puntas en su parte superior, unidos a este tubo existen cuatro estambres, dos de los cuales son más largos que el otro par. El fruto es una drupa. Las hojas tienen un característico olor a limón.



Figura 5: hojas y flores de la hierba luisa

2.1.2 Saúco

El saúco, saúco común o saúco europeo es conocido científicamente como *Sambucus nigra* L. En la siguiente figura 6 se puede observar una planta adulta en el campus de la UPV.



Figura 6: planta de saúco (UPV, camino de Vera)

Se clasifica taxonómicamente como:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Dipsacales

Familia: Adoxaceae

Género: *Sambucus*

Especie: *Sambucus nigra* L.

El saúco es una planta cultivada e introducida desde la Patagonia, dónde sus frutos son usados en la elaboración de dulces locales y la médula también se utiliza para realizar cortes de histología vegetal

Esta especie se extiende por toda Europa y dentro de España se distribuye casi en la totalidad de la península. Se puede encontrar en colinas y montañas, en altitudes de 0 a 1200 m, soportando hasta 1800 m. Éstas plantas necesitan suelos sueltos y húmedos que les permitan exponerse a media luz.

El saúco se describe como un arbusto caducifolio con un tamaño medio de 1 a 3 m de alto, aunque en ocasiones puede llegar a medir hasta 10 m. Los tallos se ramifican desde la base dando lugar a una copa baja, densa y redondeada; como se puede observar en la Figura 5 anteriormente mencionada. Las hojas son simples, opuestas, de forma elíptica con bordes serrados y con una nerviación central muy marcada desde la que se desarrollaran las numerosas nerviaciones secundarias.

Las flores están dispuestas en cimas corimbosas; se conoce como corimbo a la inflorescencia, o grupo de flores, que pese a nacer a diferentes alturas desarrollan sus pedúnculos hasta alcanzar la misma altura, como se ve en la figura 7. En el caso del saúco tenemos una inflorescencia compuesta, corimbo de corimbos, muy olorosa. Cada flor tiene generalmente su corola gamopétala formada por cinco pétalos de color blanco o crema y que se sostiene sobre un cáliz gamosépalo formado por cinco sépalos.



Figura 7: hojas y flores del saúco (UPV, camino de Vera)

Las flores están dispuestas en cimas corimbosas; se conoce como corimbo a la inflorescencia, o grupo de flores, que pese a nacer a diferentes alturas desarrollan sus pedúnculos hasta alcanzar la misma altura, como se ve en la anterior figura 6. En el caso del saúco tenemos una inflorescencia compuesta muy olorosa, ya que tendremos un corimbo de corimbos. Cada flor tiene generalmente su corola gamopétala, soldada, formada por cinco pétalos de color blanco o crema, y que se sostiene sobre un cáliz gamosépalo formado por cinco sépalos.

Sexualmente las flores son hermafroditas, unas son estaminadas cinco estambres bien desarrollados soldados a la base de la corola y otras son pistiladas con vestigios seminales, un ovario ínfero que tendrá internamente tres o cinco lóculos unilovulados y un estilo con tres lóbulos. El saúco florece entre los meses de mayo y julio, su polinización se facilita gracias a insectos y el viento. Los frutos resultantes son bayas de color negro, que a su vez contienen una semilla endosperma y a menudo ruminada, con tejido nutricional.

2.2 Substrato

Substrato es el medio en el que se desarrollan las plantas. Para poder comenzar la propagación se preparó las mezclas de sustratos en las concentraciones indicadas en la tabla 2y con la siguiente nomenclatura:

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Tabla 2: composición de los sustratos utilizados

tierra (%)	fibra de coco (%)	vermicompost (%)	sustrato
100	0	0	T
25	75	0	FC 75
50	50	0	FC 50
75	25	0	FC 25
25	0	75	V 75
50	0	50	V 50
75	0	25	V 25

Al hacer estas combinaciones se obtuvieron sustratos de diferentes tonalidades como se puede observar en la figura 8.

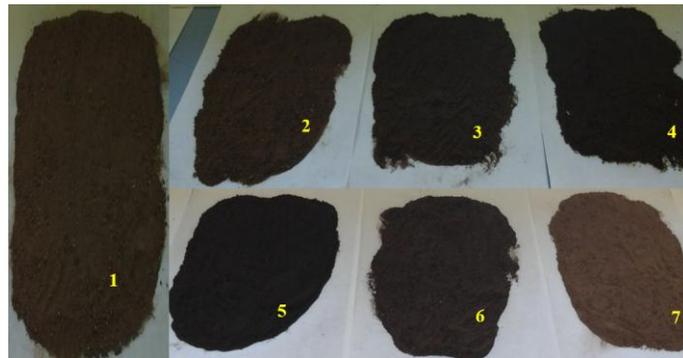


Figura 8: diferencia de color entre los sustratos. 1 T, 2 FC25, 3 FC50, 4 FC75, 5 V75, 6 V50 y 7 V25

De dichos sustratos se procedió a realizar un análisis para obtener pH, conductividad, densidad aparente y materia orgánica. Con estos datos, junto a los resultados que se obtienen del estudio, se comparan los sustratos para indicar el más idóneo para la propagación de la hierba luisa y el saúco.

La medición del pH y la conductividad se realizó con un pH-metro, que es un medidor electrónico de laboratorio. Para empezar a medir el pH se realizó la disolución de 10 g de sustrato en 25mL de agua en un vaso de precipitación, posteriormente se agitó y dejó reposar antes de medir con el pH-metro. Las sondas del pH-metro se deben limpiar con agua destilada cada vez que cambiemos de sustrato

En el caso de la conductividad se hizo una disolución de 10 g de sustrato en 50 mL de agua que se agitó en el vaso de precipitados, si se observan restos sólidos en la superficie se pasa por el pH-metro que tiene también la función para medir la conductividad.

El pH y la conductividad son características químicas del suelo, al igual que lo es la cantidad de materia orgánica (M.O.) presente en el suelo. El contenido de M.O. en el sustrato se debe valorar según cantidad de carbono (C) que contenga dicho sustrato, ya que el C forma en su mayoría la M.O. Para realizar esta valoración se procedió a poner 0,5 g de sustrato en un matraz de 250 mL, posteriormente se añadieron 10 mL de dicromato potásico y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado dentro de una cámara de gases. Los compuestos antes mencionados generan una reacción exotérmica, por lo tanto, se debe esperar a que se enfríen en el matraz antes de añadir 50 mL de agua destilada, al ser todos estos compuestos líquidos se deben agitar al añadir cada uno de ellos. Al mezclarlos se vio la diferencia en la intensidad del color marrón rojizo que toma cada sustrato según su contenido de M.O., comparándose con la mezcla preparada como testigo, sólo de agua destilada, que presentó un color naranja como puede observarse en la figura 9.

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.



Figura 9: diferencias de color entre las preparaciones para medir M.O. según el sustrato

Posteriormente, al día siguiente de la preparación inicial, para conocer el contenido de C que forma en su gran mayoría la M.O. se añadió como indicador 4 o 5 gotas de complejo ferroso de orto-fenantrolina, que permitirá observar la oxidación del carbono al valorar el exceso de dicromato potásico con sulfato ferroso 0,5 N, también conocido como sal de Mohr, de fórmula $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,5N. En este caso se tomó como dato el volumen de sal de Mohr al que vira el color de la preparación de cada sustrato y el testigo, viraron a un color negrozuzco como se ve en la figura 10. El volumen de sal de Mohr se refleja en la tabla 3.



Figura 10: color al que viran las preparaciones después de aplicar FeSO_4

Tabla 3: volumen utilizado de FeSO_4 para cada sustrato y el testigo

substrato	volumen (mL)
Testigo	20,7
T	18,5
FC 75	6,2
FC 50	13
FC 25	19,5
V 75	4
V 50	13,1
V 25	15,4

Al tener el volumen como dato se procedió a aplicar la fórmula para el cálculo del porcentaje de C presente en cada sustrato. La fórmula es:

$$\% \text{ C orgánico} = \frac{[(V \cdot N \cdot f) \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - (V' \cdot N' \cdot f') \text{FeSO}_4] \cdot 1,30 \cdot 0,003}{\text{g de sustrato seco}} \cdot 100$$

En la fórmula V representa el volumen, N la normalidad y f el factor de corrección, nomenclatura útil tanto para $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ como para FeSO_4 . Mientras g de sustrato seco se refiere a los gramos de sustrato usados en el análisis. El f' para FeSO_4 es el cociente del volumen referencia, 20 mL, dividido para el volumen gastado con el testigo que da como resultado 0,97. Por lo cual, con los datos la fórmula quedaría como:

$$\% \text{ C orgánico} = \frac{(10 \cdot 1 \cdot 1) - (X \cdot 0,5 \cdot 0,966)}{0,5} \cdot 0,003 \cdot 1,3 \cdot 100$$

Después de reemplazar X por el volumen de FeSO₄ gastado en cada sustrato se obtuvieron los resultados de la tabla 4 que representan el porcentaje de C en los sustratos. El porcentaje de C se multiplica por el factor de conversión 1,724 lo que dará como resultado el porcentaje de M.O. en cada sustrato reflejado en los resultados.

Tabla 4: porcentaje C en los sustratos

substrato	C (%)
T	0,83
FC 75	5,46
FC 50	2,9
FC 25	0,45
V 75	6,29
V 50	2,86
V 25	2

Con respecto a las características físicas se estudió la densidad aparente (Da) y el porcentaje de partículas según su tamaño en cada sustrato. Para la determinación de la Da se procedió a tomar el peso de un matraz vacío (P1), un matraz lleno de suelo (P2) y otro matraz lleno de agua (P3). Con estos datos se aplicó la siguiente fórmula y usando la densidad del agua según la temperatura a la que esté dicha agua durante la experiencia, en este caso la densidad utilizada fue de 1 g.cm⁻³.

$$Da = \frac{P2 - P1}{P3 - P1} \cdot \rho_{H_2O}$$

En el caso del porcentaje de partículas se procedió a tomar una muestra de cada sustrato para posteriormente pesarla y pasarla por un tamiz que separó partículas según su tamaño. Una vez la muestra ha pasado por el tamiz se separaron partículas de tamaño menor o igual a 2 mm de las de un tamaño mayor, que a su vez se tuvieron que volver a pesar para obtener el porcentaje de partículas de cada tamaño presentes en los sustratos. Los pesos con los que se calculó el porcentaje de las partículas se indica en la tabla 5.

Tabla 5: pesos obtenidos de las partículas de los sustratos según su tamaño

substrato	partículas ≥ 2mm (g)	partículas < 2mm (g)
T	139,2	446,9
FC 75	61,8	161
FC 50	101	305,5
FC 25	125,6	343,4
V 75	87,9	227,8
V 50	106,2	311,5
V 25	141,5	458,3

2.3 Propagación

Con las mezclas de sustratos analizadas se procedió a rellenar las bandejas forestales tal cual la figura 11, de tal manera que estén listas para el momento de plantar los esquejes. Cada alveolo de la bandeja forestal contiene aproximadamente 300 cm³ o 0,3 L de sustrato.



Figura 11: relleno de las bandejas con los sustratos

Se debe escoger plantas madres sanas y libres de fitopatógenos, ya que al realizar propagación vegetativa se obtienen clones de la planta madre. Seleccionada la planta madre, tanto de la hierba luisa como del saúco, se procedió a extraer esquejes de los brotes del año.

Se cortó el brote del año entero y posteriormente se procedió a separarlo en esquejes con cuatro yemas cada uno. Los brotes se recogieron durante la tarde para evitar pérdidas de humedad, por lo cual después de cortar los esquejes se conservaron en nevera hasta su plantación durante la mañana.

Se plantaron 10 estaquillas por cada sustrato, haciendo dos repeticiones por sustratos. Esto se repitió para tener 20 plantas por sustrato de cada especie en el umbráculo de la parcela y en el invernadero, así se pudo observar el enraizamiento de los esquejes en diferentes ambientes, centrándose básicamente en la temperatura y la humedad ambiental.

2.4 Enraizamiento

Durante esta fase los esquejes recibieron cuidado continuo, con temperatura y riego constantes. Mientras que en el umbráculo de la parcela, durante la fase de enraizamiento, se realizó el riego en días alternos, usando un plástico transparente y fino para cubrir las bandejas forestales, como se ve en la figura 12, para conservar la humedad que facilitará el enraizamiento.



Figura 12: bandejas forestales en bandeja y el plástico con el que se cubrirá

La temperatura se controló dentro del plástico y fuera del mismo, temperatura ambiente, para observar si existen grandes variaciones entre una y otra. Para medir la temperatura y humedad relativa bajo el plástico se utilizó un sensor térmico portátil como se ve en la figura 13. Mientras que, para la temperatura y humedad relativa en el ambiente se tomó como datos los

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

dados por la estación climática de la parcela. Los datos de temperatura y humedad relativa, bajo el plástico y en el exterior de este, se han comparado para determinadas fechas como se puede ver en la tabla 1 anteriormente mencionada.



Figura 13: sensor térmico portátil

El enraizamiento se confirma con el desarrollo de las yemas vegetativas, pero en algunos casos se produce el desarrollo de dichas yemas gracias a las reservas acumuladas en el brote. Sin la formación de la raíz, pese al desarrollo de las yemas, el brote se seca y muere. Por lo tanto, de esta fase como datos se tomó por un lado el número de plantas que presentaban hojas y por otro lado el número de plantas que presentaban raíz.

2.5 Desarrollo vegetativo y abonado

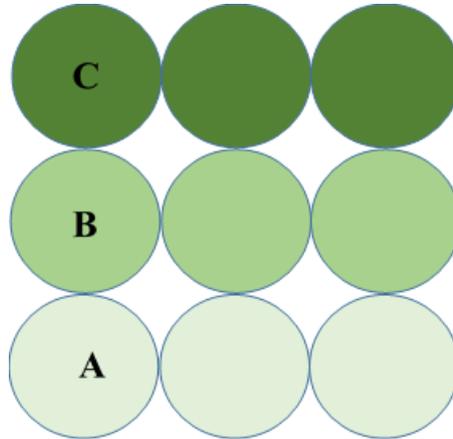
En esta fase se comenzó con el trasplante. En éste se usaron nueve macetas, con un diámetro de 0,14 m y altura 0,16 m, por cada sustrato y especie. Cuando se tuvieron las macetas rellenas de los sustratos se procedió a extraer de las bandejas forestales las plantas esquejadas, intentando no dañar la raíz formada como se ve en la figura 14, para luego plantarlas en las macetas. Se desechan las plantas que no presentan raíz o tienen raíces pequeñas.



Figura 14: plantas de hierba luisa extraídas de las bandejas forestales

Una vez puestas las plantas en las macetas se colocaron dentro del umbráculo en grupos de nueve, de tal manera que se pueda identificar fácilmente el sustrato y especie. Agrupándolas así, como muestra la figura 15, también se facilitó la correcta aplicación de las correspondientes dosis de abono. Se realizó un abonado nitrogenado con nitrato potásico (KNO_3), con el 16% de N, teniendo en cuenta la dosis recomendada para plantas aromáticas de 8 g N $porm^2$ y planta. Usando de referencia la dosis recomendada se procedió a calcular tres dosis de N adecuadas

para las macetas. Cada maceta tiene una superficie de 0,062 m² por lo que frente al m², de la dosis recomendada, da una dosis aproximada de 0,50 g N. Con la idea de minimizar el uso de abono, que representa en campo un gran gasto para los agricultores, se decidió estudiar la reacción de las plantas al aplicárseles la mitad de la dosis recomendada para maceta, aproximadamente 0,25 g, y sin la aplicación de ningún tipo de abono. Por tanto, las dosis utilizadas fueron 0 g N, 0,25g N y 0,5 g N que se aplicaron respectivamente a tres plantas de cada grupo de nueve como muestra la figura 15.



**Figura 15: disposición de las macetas y orden de las dosis de abonado.
A corresponde a 0 g de N, B a 0,25 g y C a 0,50 g**

Al tener nueve plantas por sustrato y especie hubo 126 plantas en parcela, las cuales se agruparon por su dosis de abono en 42 plantas. Por el número de plantas y buscando realizar una correcta aplicación de KNO₃ se decidió dosificar el riego a 0,25 L por planta, así se pudo disolver la cantidad de abono correspondiente a cada dosis en un determinado volumen de agua. Para 0 g N, dosis 0, el conjunto de plantas de este tratamiento fue regado con 10,5 L de agua, en el caso de la dosis 0,25 g N, dosis 1, las plantas se regaron con una disolución de 80,85 g de KNO₃ en 10,5 L y para 0,5 g N, dosis 2, se usó una disolución de 161,2 g de KNO₃ en 10,5 L.

Con el riego y el abonado se siguió un calendario que se cumplió hasta dos días antes de la recolección del material vegetal, que posteriormente se estudió en el laboratorio.

2.6 Porcentaje de materia seca

Al finalizar el calendario de riego, después de dos días, se llevó el material vegetal del campo al laboratorio para su análisis. Se extrajeron, de las macetas, las plantas a analizar intentando conservar la masa completa de cada planta e intentando eliminar al máximo el sustrato sobrante entre las raíces, como se ve en la figura 16.



Figura 16: eliminación del sustrato sobrante entre las raíces de las plantas

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

En laboratorio se separó las hojas y raíces del tallo, como se ve en la figura 17, para posteriormente tomar datos sobre su peso tanto en fresco como en seco.



Figura 17: división de la planta en hojas y raíces

El peso en fresco se tomó después de separar las hojas y raíz. Para obtener los pesos secos se colocó las hojas y raíces correctamente identificadas, tanto de saúco como de hierba luisa, en bandejas de papel que fueron introducidas en una estufa, como se observa en la figura 18, a 100 °C durante 24 horas. Pasadas las 24 horas se vuelve a tomar el peso de hojas y raíces, peso seco. Con los datos de peso fresco y seco se calculó el porcentaje de materia seca (MS) en la parte aérea y subterránea de las plantas.



Figura 18: hojas en la estufa

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización del suelo

Al realizar lo anteriormente descrito en materiales y métodos respecto al análisis del suelo se han obtenido los siguientes resultados. El pH obtenido de los sustratos se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: pH de los sustratos

substrato	pH
T	7,64
FC 75	7,64
FC 50	7,74
FC 25	7,79
V 75	7,02
V 50	7,11

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

V 25	7,22
------	------

En la tabla 7 se refleja la conductividad obtenida de cada sustrato.

Tabla 7: conductividad de los sustratos

Substrato	Conductividad (dS.m ⁻¹)
T	0,142
FC 75	0,523
FC 50	0,260
FC 25	0,226
V 75	1,760
V 50	0,806
V 25	0,325

Respecto a la materia orgánica se han obtenido los resultados de la tabla 8.

Tabla 8: porcentaje de materia orgánica en los sustratos

Substrato	M.O. (%)
T	1,43
FC 75	9,42
FC 50	5
FC 25	0,78
V 75	10,85
V 50	4,94
V 25	3,44

En las características físicas se analizó la densidad de los sustratos obteniendo los resultados de la tabla 9 y 10 respectivamente.

Tabla 9: Densidad aparente de los sustratos

substrato	densidad aparente (g.cm ⁻³)
T	1,359
FC 75	0,581
FC 50	0,973
FC 25	1,108
V 75	0,903
V 50	1,124
V 25	1,318

Tabla 10: Porcentaje de partículas según su tamaño en cada sustrato

substrato	Partículas ≥ 2mm (%)	Partículas < 2mm (%)
T	23,8	76,2
FC 75	27,7	72,3
FC 50	24,8	75,2
FC 25	26,8	73,2
V 75	27,8	72,2
V 50	25,4	74,6
V 25	23,6	76,4

3.2 Resultados de la fase de enraizamiento

De la fase de enraizamiento se tomaron como resultados el número de plantas que presentes hojas y el número de plantas enraizadas. Los resultados de la hierba luisa y el saúco se presentan a continuación en la tabla 11.

Tabla 11: resultados del enraizamiento de la hierba luisa y saúco

sustrato	Hierba Luisa		emplazamiento	saúco	
	Plantas con hojas	plantas enraizadas		plantas con hojas	plantas enraizadas
T	16	14	umbráculo	20	17
FC 50	18	16	umbráculo	20	17
FC 25	18	13	umbráculo	20	18
FC 75	15	14	umbráculo	20	19
V 50	16	12	umbráculo	20	19
V 25	18	14	umbráculo	19	18
V 75	8	7	umbráculo	20	20
T	7	5	invernadero	17	5
FC 50	7	10	invernadero	17	12
FC 25	4	2	invernadero	16	15
FC 75	18	17	invernadero	20	9
V 50	1	1	invernadero	12	6
V 25	4	3	invernadero	15	3
V 75	6	4	invernadero	16	5

Para poder analizar estos resultados se procedió a realizar un diagrama de barras de los mismos, separando por un lado las plantas con hojas y por otro las plantas enraizadas, sin dejar de tener en consideración los sustratos y el emplazamiento en los que se desarrolló el enraizamiento. De esta manera resultaron los siguientes diagramas de barras, mostrados en las figuras 19, 20, 21 y 22, que relacionan sustratos y emplazamiento con los resultados obtenidos.

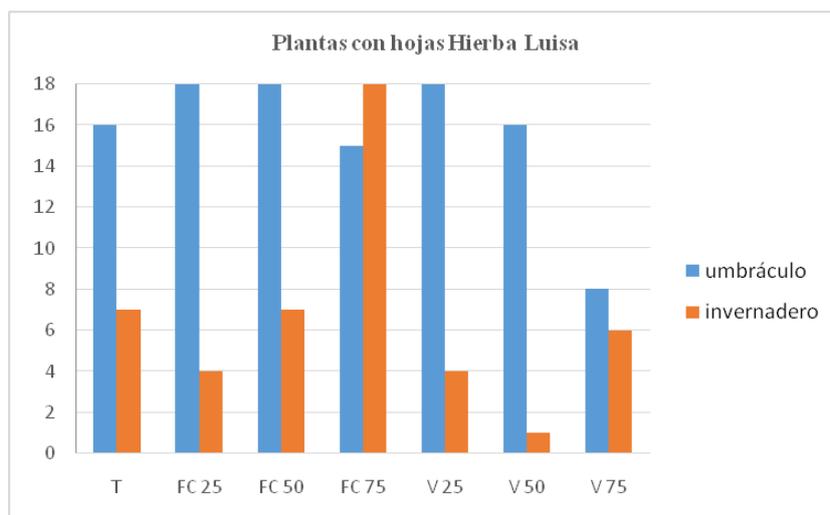


Figura 19: diagrama de barras del número de plantas de hierba luisa con hojas según el sustrato y emplazamiento

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

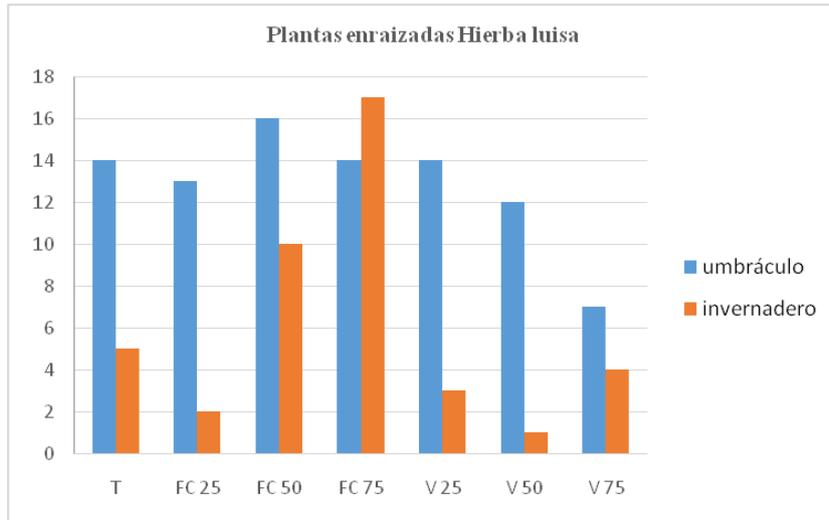


Figura 20: diagrama de barras del número de plantas de hierba luisa enraizadas según el sustrato y emplazamiento

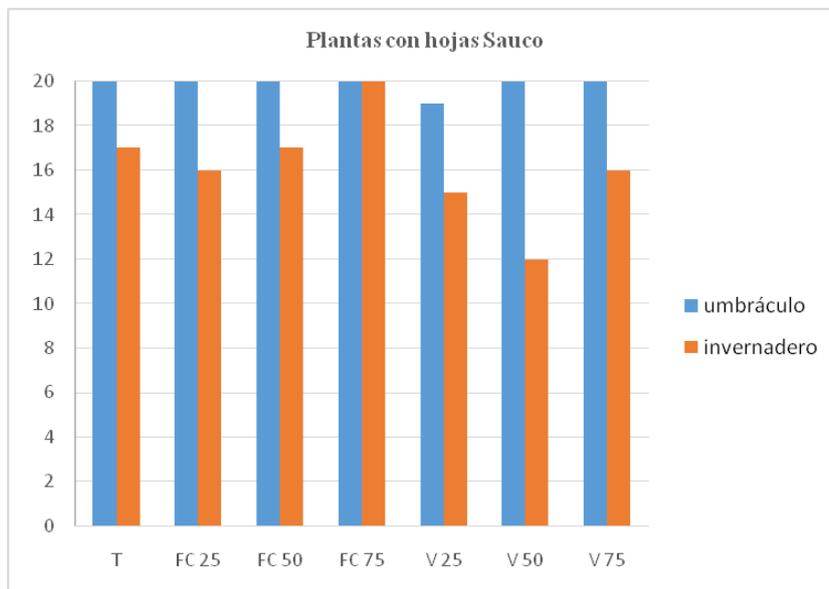


Figura 21: diagrama de barras del número de plantas de saúco con hojas según el sustrato y emplazamiento

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

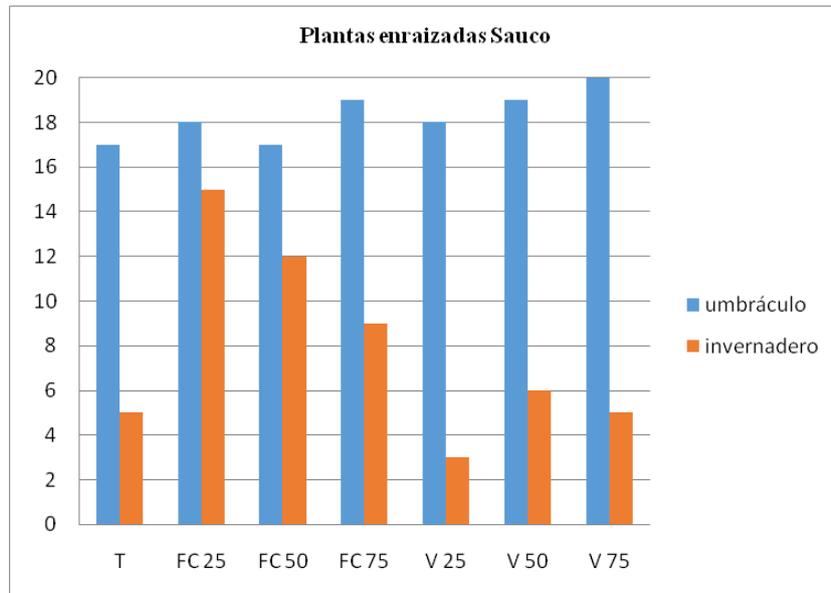


Figura 22: diagrama de barras del número de plantas de saúco enraizadas según el sustrato y emplazamiento

En vista de los diagramas obtenidos se puede decir que hay mayor desarrollo foliar en hierba Luisa al aumentar la proporción de fibra de coco en la mezcla de sustratos en condiciones de invernadero, mientras que en condiciones de umbráculo se ve un descenso del número de plantas con desarrollo foliar al aumentar la proporción de vermicompost en la mezcla de sustratos. En caso del saúco se ve que en invernadero las plantas con desarrollo foliar aumentan al aumentar la proporción de fibra de coco en el sustrato, mientras que en condiciones de umbráculo se obtiene buen desarrollo foliar en las plantas al usar cualquiera de las combinaciones propuestas de sustratos. En el caso de plantas enraizadas se ve el mismo comportamiento que el desarrollo foliar en hierba Luisa, mientras que en saúco se observa que el número de plantas enraizadas en invernadero disminuye al aumentar la proporción de fibra de coco en los sustratos y en umbráculo las plantas enraízan mejor al aumentar la proporción de vermicompost en la mezcla de sustratos.

Esto puede ser debido a que la hierba Luisa es una planta termófila que necesita suelos ligeros con buena permeabilidad y que conserven correctamente la humedad, mientras que el saúco es una especie más rústica que se desarrolla en zonas de suelos pesados pero con buena permeabilidad.

Respecto al emplazamiento, después de observar los resultados, se puede decir que el mejor emplazamiento para llevar a cabo la fase de enraizamiento es el umbráculo. Esta afirmación se confirma al sumar el total de plantas de ambas especies para cada emplazamiento, plantas con hojas o plantas enraizadas, y obtener un mayor número de plantas en el emplazamiento umbráculo como se ve en la tabla 12 y posteriormente en la figura 23.

Tabla 12: suma total de las plantas, de ambas especies, según su emplazamiento

ubicación	plantas con hojas	Plantas enraizadas
parcela	248	218
invernadero	160	97

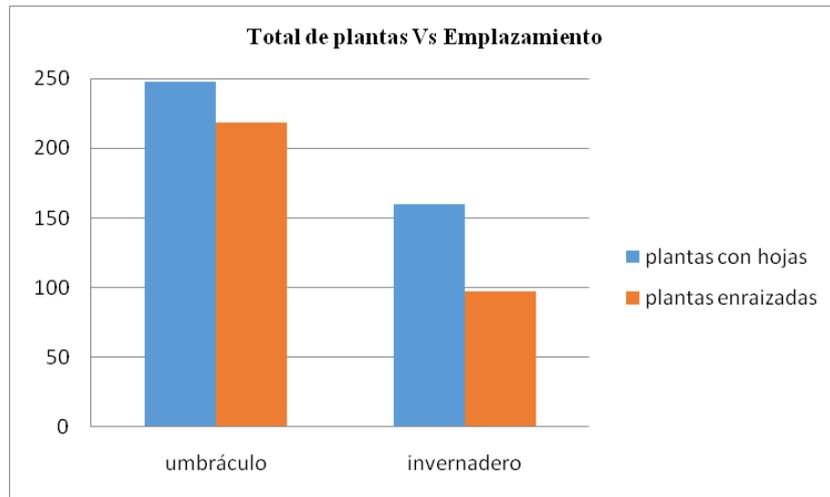


Figura 23: diagrama de barras del número total de plantas en función del emplazamiento

3.3 Resultados del desarrollo vegetativo y abonado

Pese a haber realizado los procesos correspondientes para obtener el porcentaje de materia seca en hojas y raíces de las plantas, para obtener resultados más precisos se ha decidido trabajar sólo con los datos de peso en fresco de hojas y raíces que se reflejan en la tabla 13 para hierba luisa y saúco.

Tabla 13: datos de hojas y raíces en plantas de hierba luisa y saúco. PHF (peso de hojas fresco), PHS (peso de hojas seco), MSH (materia seca hojas) en % (porcentaje), PRF (peso de raíz fresco), PRS (peso de raíz seco), MSR (materia seca raíces) en %

substrato	substrato	dosis abonado	Hierba Luisa		Saúco	
			PHF (g)	PRF (g)	PHF (g)	PRF (g)
T	1	0	13,20	1,47	8,30	3,76
		0	16,10	10,46	6,90	12,85
		0	9,60	2,25	8,60	4,73
		1	6,80	1,78	5,90	7,20
		1	12,90	1,15	11,20	5,04
		1	0,00	0,12	10,40	12,62
		2	1,20	1,07	6,90	5,54
		2	7,70	6,23	6,20	3,55
		2	7,90	5,51	7,80	8,88
FC 25	2	0	6,60	7,85	11,10	12,62
		0	7,00	11,30	7,50	9,66
		0	20,80	3,90	9,20	9,73
		1	20,90	20,31	15,10	10,90
		1	15,00	7,88	23,70	10,67
		1	15,30	8,20	15,00	12,67
		2	20,50	11,93	7,20	8,43
		2	19,80	12,46	14,40	9,57
		2	15,10	6,08	11,50	9,78
FC 50	3	0	5,75	8,01	7,30	8,61
		0	9,10	7,25	7,20	17,28
		0	8,80	4,11	6,20	9,02

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

		1	21,40	13,77	19,30	15,73
		1	20,80	17,42	16,70	16,30
		1	20,40	12,41	20,30	6,23
		2	17,60	6,79	11,90	11,87
		2	22,20	7,19	17,30	13,68
		2	11,80	2,41	11,10	10,82
FC 75	4	0	6,00	15,28	6,80	8,01
		0	3,80	11,29	10,70	29,70
		0	5,80	6,69	7,50	22,97
		1	28,60	20,92	8,30	7,80
		1	23,60	17,20	16,00	15,05
		1	20,40	17,17	16,50	18,26
		2	22,00	12,41	16,00	16,34
		2	24,48	9,37	13,20	15,18
		2	13,60	9,44	13,30	14,79
V 25	5	0	7,30	3,92	10,40	14,69
		0	14,20	12,23	13,80	9,16
		0	13,40	14,03	10,60	14,24
		1	14,03	5,35	14,40	16,69
		1	20,10	14,52	19,30	14,18
		1	14,70	3,17	11,50	15,88
		2	20,60	4,83	14,40	9,43
		2	19,00	2,53	7,50	10,19
		2	15,64	2,43	12,20	10,60
V 50	6	0	15,20	16,51	20,10	18,39
		0	11,60	7,70	11,30	7,46
		0	12,50	9,61	18,70	17,90
		1	17,30	7,93	13,10	9,59
		1	17,50	25,43	16,10	21,69
		1	14,80	7,12	19,30	13,82
		2	7,51	1,62	12,70	21,38
		2	14,10	7,76	22,70	18,70
		2	13,20	5,82	20,50	15,69
V 75	7	0	28,10	32,05	17,30	15,61
		0	8,00	1,26	20,60	19,72
		0	24,40	18,66	12,70	14,96
		1	11,10	2,91	15,60	17,43
		1	26,50	20,73	20,50	15,60
		1	25,00	14,47	22,20	26,21
		2	4,40	3,10	16,80	16,32
		2	1,60	0,17	13,60	9,72
		2	0,60	1,17	16,10	20,88

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Con los datos tomados se procede a realizar un análisis estadístico, ANOVA, reflejado en los anejos que permita ver las diferencias entre los mismos. De esta manera se pueden obtener los resultados que satisfagan los objetivos planteados en el estudio sobre sustrato y dosis de abonado.

Se comenzará exponiendo los resultados respecto al sustrato, obtenidos a partir de los datos de peso en fresco de las hojas tanto para hierba Luisa como para saúco, representados en las figuras 24 y 25 respectivamente.

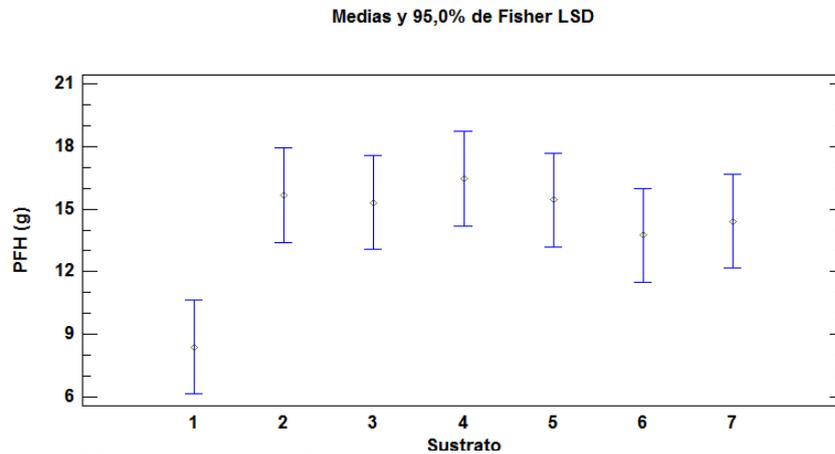


Figura 24: diferencia de los pesos frescos obtenidos en hierba Luisa respecto a los sustratos

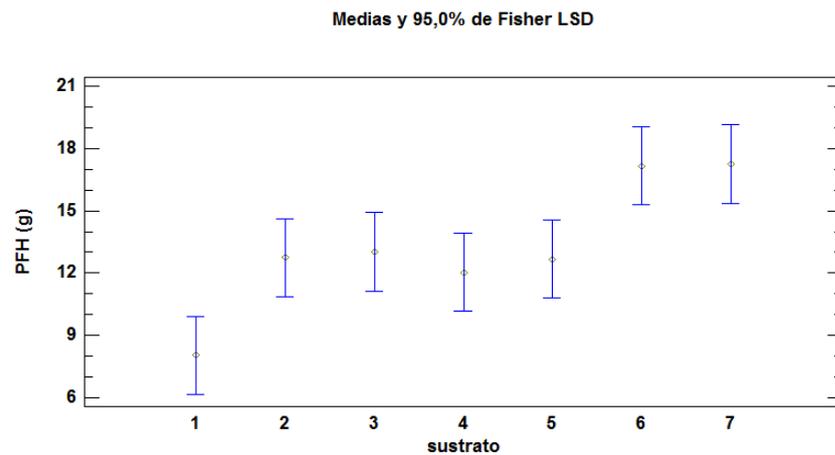


Figura 25: diferencia de los pesos frescos obtenidos en saúco respecto a los sustratos

También se analizó el peso en fresco obtenido de las hojas de hierba Luisa y saúco respecto a la dosis de abono usada, obteniendo los resultados reflejados en las figuras 26 y 27 respectivamente.

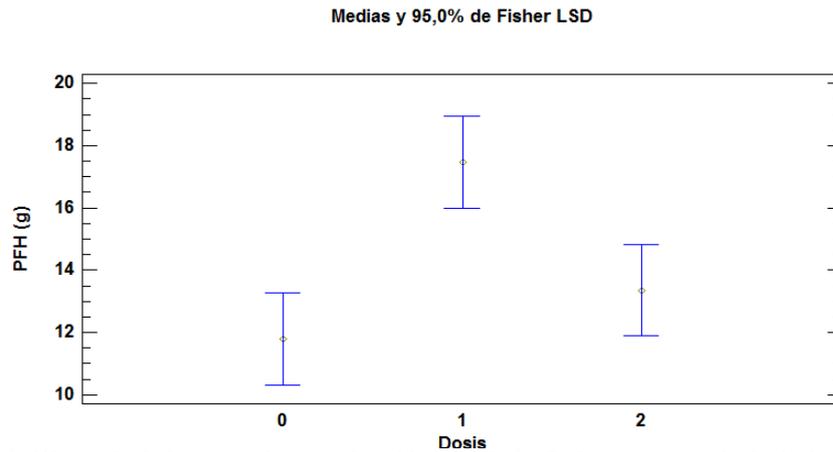


Figura 26: diferencia de los pesos frescos obtenidos en hierba Luisa respecto a la dosis de abonado

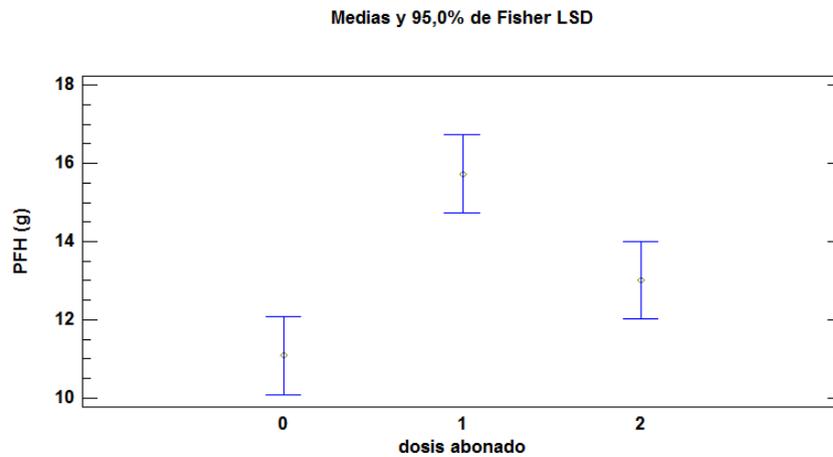


Figura 27: diferencia de los pesos frescos obtenidos en saúco respecto a la dosis de abonado

En vista de los resultados obtenidos del peso fresco de hojas se puede decir que para hierba Luisa se obtienen resultados similares usando cualquiera de las combinaciones propuestas de sustratos mientras que en saúco hay una notable mejora de masa foliar obtenida al usar los sustratos 6 y 7. Respecto a la dosis de abonado se puede afirmar que, para obtener una buena producción de hojas en fresco, es recomendable usar la dosis 1 o próxima a esta dosis, de 4 g de N por m².

De igual manera se realizó el análisis de los datos de peso fresco en raíz tanto para hierba Luisa como para, saúco respecto al sustrato y la dosis de abono utilizada. Los datos se reflejan en las figuras 28, 29, 30 y 31 respectivamente.

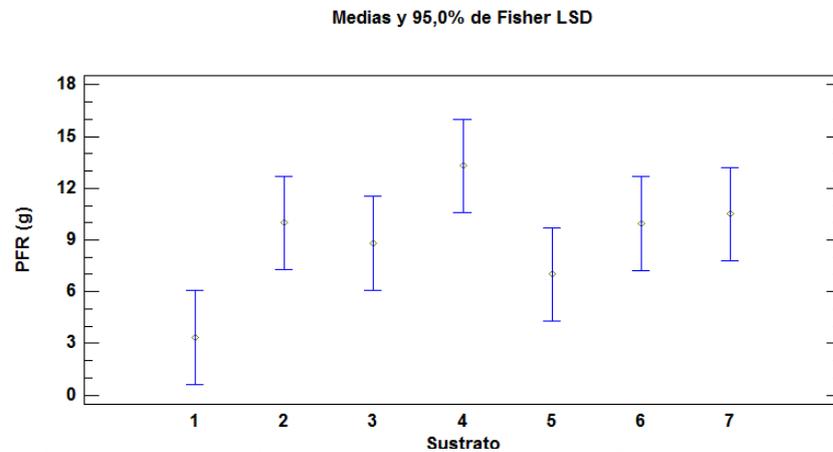


Figura 28: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en hierba Luisa respecto a los sustratos

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

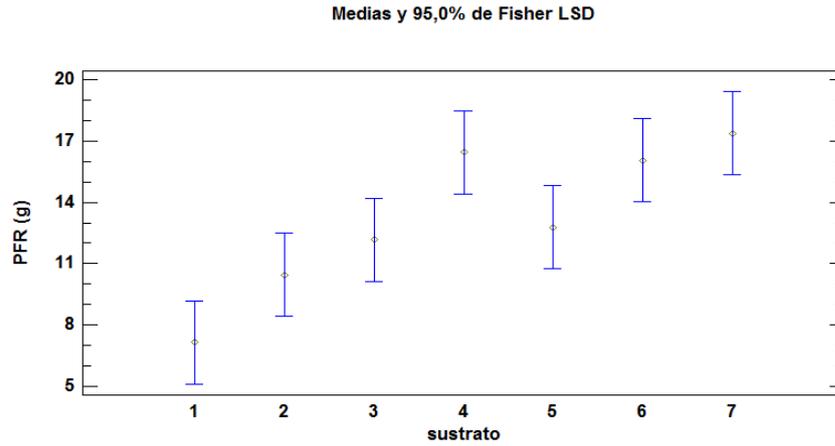


Figura 29: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en saúco respecto a los sustratos

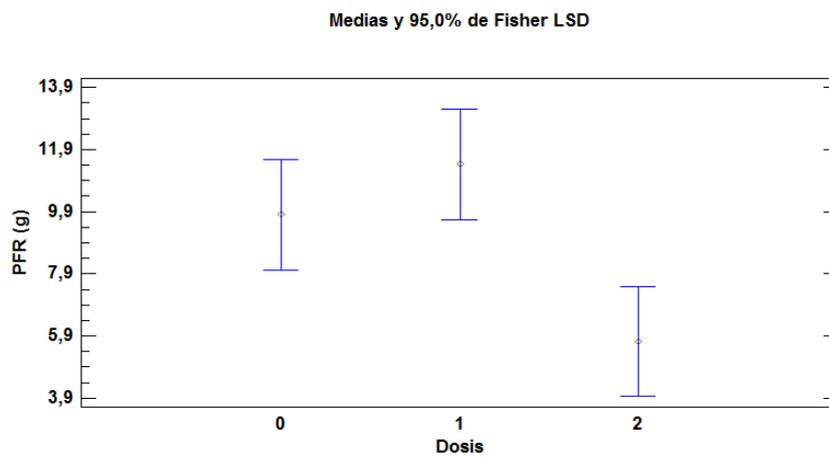


Figura 30: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en hierba Luisa respecto a la dosis de abonado

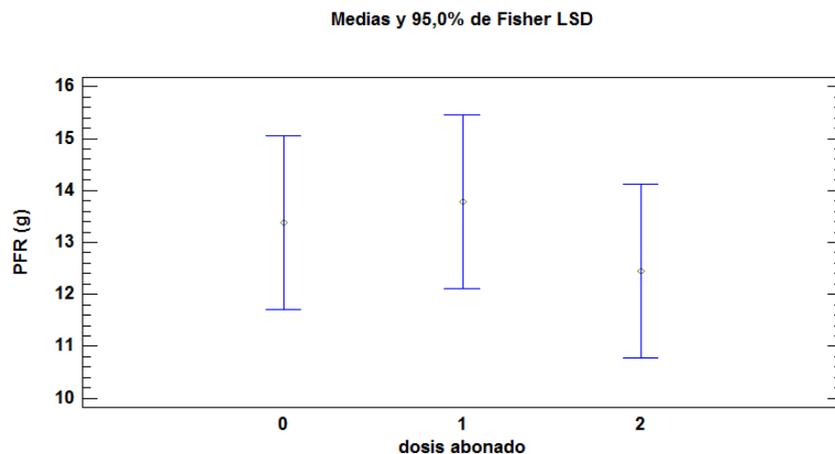


Figura 31: diferencia de los pesos frescos de raíz obtenidos en saúco respecto a la dosis de abonado

Con respecto a los resultados del peso fresco en raíces de ambas especies estudiadas se puede decir que al incrementar las proporciones de fibra de coco y vermicompost mezcladas con el sustrato tierra se puede obtener un ligero aumento en la masa de las raíces, esto debido a la mejora de la estructura de los sustratos. Sobre las dosis de abono estudiadas se puede decir que

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

no presentan un efecto significativo sobre la masa de las raíces, así que teniendo en cuenta la producción de hojas la mejor dosis sería la dosis 1.

4. Conclusiones

Teniendo en cuenta los objetivos planteados se puede decir que:

- El mejor emplazamiento para el enraizamiento de las estaquillas a propagar, tanto de hierba Luisa como de saúco, es el umbráculo.
- Considerando el enraizamiento de las estaquillas, sólo cabe indicar que en condiciones de invernadero y umbráculo, para hierba Luisa resulta positiva la utilización de mayores proporciones de fibra de coco mientras que para saúco resulta positiva la utilización de mayores proporciones de vermicompost.
- En la fase de desarrollo vegetativo y abonado se pudo concluir que para obtener mayor masa foliar es recomendable usar las combinaciones de sustratos y no tierra al 100%.
- Respecto al abonado se concluyó que la dosis más adecuada, de las ensayadas, para estas plantas consideradas en el trabajo es de 4 g de N por m² u otras cercanas a esta. La dosis de abonado se debe adaptar a la superficie de plantación.

5. Bibliografía

- DAVIES, F.T.; GENEVE, R.L.; HARTMANN, H.T. y KESTER, D.E. (2014) *Hartmann and Kester's plant propagation principles and practices*. Ed. Pearson Education, cop. Harlow. 922 pp.
- MUÑOZ LOPEZ DE BUSTAMANTE, F. (2002) *Plantas medicinales y aromáticas: Estudio, cultivo y procesado*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 365 pp.
- PÉREZ GÓMEZ, G. (2005) *Cultivo y aprovechamiento de la Lippia citriodora H.B.K. en Lliria (Valencia)*. Trabajo Final de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica superior del medio Rural y Enología. Valencia
- PINA LORCA, J. (2009). *Propagación de plantas*. Editorial UPV Ref.:2009.124. Valencia.415 pp.
- RODE, J. (2000) *Possibilities of Lippia citriodora Kunth. cultivation in Slovenia*. Institute of Hop research and Brewing Zalec. Acta Hort. 523: 61-64
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE COLOMBIA (2009) *Lippia, una especie que se puede conservar pese a su elevado uso*. <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w5-article-199545.html>. Consultado 27 de Julio 2016

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

ANEJOS

Tablas ANOVA de los distintos parámetros estudiados.

Tabla ANOVA para PFH (g) de hierba Luisa por Substrato

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	398,392	6	66,3986	1,34	0,2554
Intra grupos	2776,58	56	49,5817		
Total (Corr.)	3174,97	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFH (g) de hierba Luisa por Substrato

Método: 95,0 porcentaje LSD

Substrato	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	9	8,37778	X
6	9	13,7456	XX
7	9	14,4111	XX
3	9	15,3167	X
5	9	15,4411	X
2	9	15,6667	X
4	9	16,4756	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-7,28889	6,64949
1 - 3	*	-6,93889	6,64949
1 - 4	*	-8,09778	6,64949
1 - 5	*	-7,06333	6,64949
1 - 6		-5,36778	6,64949
1 - 7		-6,03333	6,64949
2 - 3		0,35	6,64949
2 - 4		-0,808889	6,64949
2 - 5		0,225556	6,64949
2 - 6		1,92111	6,64949
2 - 7		1,25556	6,64949
3 - 4		-1,15889	6,64949
3 - 5		-0,124444	6,64949
3 - 6		1,57111	6,64949
3 - 7		0,905556	6,64949
4 - 5		1,03444	6,64949
4 - 6		2,73	6,64949
4 - 7		2,06444	6,64949
5 - 6		1,69556	6,64949
5 - 7		1,03	6,64949
6 - 7		-0,665556	6,64949

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para PFR de hierba Luisa (g) por Substrato

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	528,964	6	88,1607	2,18	0,0589
Intra grupos	2269,3	56	40,5233		
Total (Corr.)	2798,27	62			

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Pruebas de Múltiple Rangos para PFR (g) de hierba Luisa por Substrato

Método: 95,0 porcentaje LSD

Substrato	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	9	3,33778	X
5	9	7,00111	XX
3	9	8,81778	XXX
6	9	9,94444	XX
2	9	9,99	XX
7	9	10,5022	XX
4	9	13,3078	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-6,65222	6,01146
1 - 3		-5,48	6,01146
1 - 4	*	-9,97	6,01146
1 - 5		-3,66333	6,01146
1 - 6	*	-6,60667	6,01146
1 - 7	*	-7,16444	6,01146
2 - 3		1,17222	6,01146
2 - 4		-3,31778	6,01146
2 - 5		2,98889	6,01146
2 - 6		0,0455556	6,01146
2 - 7		-0,512222	6,01146
3 - 4		-4,49	6,01146
3 - 5		1,81667	6,01146
3 - 6		-1,12667	6,01146
3 - 7		-1,68444	6,01146
4 - 5	*	6,30667	6,01146
4 - 6		3,36333	6,01146
4 - 7		2,80556	6,01146
5 - 6		-2,94333	6,01146
5 - 7		-3,50111	6,01146
6 - 7		-0,557778	6,01146

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para PFH (g) de hierba Luisa por Dosis de fertilizante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	364,735	2	182,368	3,89	0,0257
Intra grupos	2810,23	60	46,8372		
Total (Corr.)	3174,97	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFH (g) de hierba Luisa por Dosis de fertilizante

Método: 95,0 porcentaje LSD

Dosis	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	21	11,7738	X
2	21	13,3586	XX
1	21	17,4824	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-5,70857	4,2247
0 - 2		-1,58476	4,2247
1 - 2		4,12381	4,2247

* indica una diferencia significativa.

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

Tabla ANOVA para PFR (g) de hierba Luisa por Dosis de fertilizante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	361,755	2	180,877	4,45	0,0157
Intra grupos	2436,51	60	40,6085		
Total (Corr.)	2798,27	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFR (g) de hierba Luisa por Dosis de fertilizante

Método: 95,0 porcentaje LSD

Dosis	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	21	5,72952	X
0	21	9,80143	X
1	21	11,4267	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		-1,62524	3,93378
0 - 2	*	4,0719	3,93378
1 - 2	*	5,69714	3,93378

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para PFH (g) de saúco por sustrato

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	548,176	6	91,3626	5,70	0,0001
Intra grupos	898,213	56	16,0395		
Total (Corr.)	1446,39	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFH (g) de saúco por sustrato

Método: 95,0 porcentaje LSD

sustrato	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	9	8,02222	X
4	9	12,0333	X
5	9	12,6778	X
2	9	12,7444	X
3	9	13,0333	X
6	9	17,1667	X
7	9	17,2667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-4,72222	3,78202
1 - 3	*	-5,01111	3,78202
1 - 4	*	-4,01111	3,78202
1 - 5	*	-4,65556	3,78202
1 - 6	*	-9,14444	3,78202
1 - 7	*	-9,24444	3,78202
2 - 3		-0,288889	3,78202
2 - 4		0,711111	3,78202
2 - 5		0,0666667	3,78202
2 - 6	*	-4,42222	3,78202
2 - 7	*	-4,52222	3,78202
3 - 4		1,0	3,78202
3 - 5		0,355556	3,78202
3 - 6	*	-4,13333	3,78202
3 - 7	*	-4,23333	3,78202
4 - 5		-0,644444	3,78202
4 - 6	*	-5,13333	3,78202
4 - 7	*	-5,23333	3,78202
5 - 6	*	-4,48889	3,78202
5 - 7	*	-4,58889	3,78202
6 - 7		-0,1	3,78202

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para PFR (g) de saúco por sustrato

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	737,821	6	122,97	6,60	0,0000
Intra grupos	1043,59	56	18,6355		
Total (Corr.)	1781,41	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFR (g) de saúco por sustrato

Método: 95,0 porcentaje LSD

substrato	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	9	7,13	X
2	9	10,4478	XX
3	9	12,1711	XX
5	9	12,7844	XXX
6	9	16,0689	XXX
4	9	16,4556	XX
7	9	17,3833	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-3,31778	4,0766
1 - 3	*	-5,04111	4,0766
1 - 4	*	-9,32556	4,0766
1 - 5	*	-5,65444	4,0766
1 - 6	*	-8,93889	4,0766
1 - 7	*	-10,2533	4,0766
2 - 3		-1,72333	4,0766
2 - 4	*	-6,00778	4,0766
2 - 5		-2,33667	4,0766
2 - 6	*	-5,62111	4,0766
2 - 7	*	-6,93556	4,0766
3 - 4	*	-4,28444	4,0766
3 - 5		-0,613333	4,0766
3 - 6		-3,89778	4,0766
3 - 7	*	-5,21222	4,0766
4 - 5		3,67111	4,0766
4 - 6		0,386667	4,0766
4 - 7		-0,927778	4,0766
5 - 6		-3,28444	4,0766
5 - 7	*	-4,59889	4,0766
6 - 7		-1,31444	4,0766

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para PFH (g) de saúco por dosis abonado

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	228,991	2	114,495	5,64	0,0057
Intra grupos	1217,4	60	20,29		
Total (Corr.)	1446,39	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFH (g) de saúco por dosis abonado

Método: 95,0 porcentaje LSD

dosis abonado	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	21	11,0857	X
2	21	13,0143	XX
1	21	15,7333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-4,64762	2,78062
0 - 2		-1,92857	2,78062
1 - 2		2,71905	2,78062

Estudio del estaquillado en *Lippia citriodora*: influencia de la incorporación de vermicompost y fibra de coco a un sustrato estándar.

* indica una diferencia significativa.

Tabla ANOVA para PFR (g) de saúco por dosis abonado

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	19,9638	2	9,98192	0,34	0,7131
Intra grupos	1761,44	60	29,3574		
Total (Corr.)	1781,41	62			

Pruebas de Múltiple Rangos para PFR (g) de saúco por dosis abonado

Método: 95,0 porcentaje LSD

dosis abonado	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	21	12,4448	X
0	21	13,3843	X
1	21	13,7886	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		-0,404286	3,34472
0 - 2		0,939524	3,34472
1 - 2		1,34381	3,34472

* indica una diferencia significativa.