



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**EVALUACION DE DOSIS DE FERTILIZACION EN
CULTIVO DE COLEOS (*Solenostemon
scutellarioides*) EN CONDICIONES PROTEGIDAS**

TESIS

Que presenta:

Rosa Elena Tun Narvaez

Requisito parcial para obtener el grado de:
Ingeniera en Agronomía

Director de tesis:

Dr. Eduardo Villanueva Couoh

Conkal, Yucatán, México
Septiembre, 2024



La presente tesis fue realizada por Rosa Elena Tun Narvaez de la carrera de Ingeniería en Agronomía, con orientación en Horticultura Protegida Sustentable y con número de control 16800182, con el título: **Evaluación de dosis de fertilización en el cultivo de coleos (*Solenostemon scutellarioides*) en condiciones protegidas** la cual fue dirigida y revisada por el jurado que fue asignado en su oportuno tiempo, y cuyos integrantes firman su consentimiento para que este trabajo sea presentado como requisito parcial para la titulación de acuerdo al proceso de Titulación Integral y al Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México.

DIRECTOR



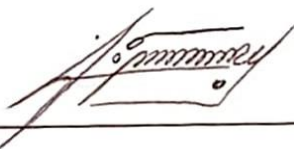
DR. EDUARDO VILLANUEVA COUOH

ASESOR



DR. LUIS LEONARDO PINZÓN LÓPEZ

ASESOR



ING. GEOVANNY AYORA RICALDE

Conkal, Yucatán 13 Noviembre de 2024

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusiones de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de proceso de tesis y con base en los términos de la ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenecen patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Rosa Elena Tun Narvaez

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Villanueva Couoh por su apoyo académico, por compartir sus conocimientos e inspirarme en la realización del presente trabajo.

Al ing. Geovanny Ayora Ricalde por brindarme su apoyo y ser parte de mi formación académica y sobre todo por brindarme su amistad.

Al Dr. Luis Leonardo Pinzón López por ser mi asesor del proyecto.

A mis hermanos y abuelos por ser parte importante de mi vida y por apoyarme en todo momento.

A mis amigas: Alexia Rivero Madera, Joanny Reyes Ek por estar conmigo apoyándome en la realización del trabajo, por nunca abandonarme y compartir momentos inolvidables y formar parte de mi vida.

A mis amigos y conocidos, por apoyarme, aconsejarme y sobre todo por motivarme a la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A DIOS.

Por permitirme vivir, guiarme en el camino indicado y ser una mejor persona cada día teniendo la fortaleza y paciencia para seguir adelante en los momentos más difíciles y no soltarme hasta terminar mis metas.

A MIS PADRES.

Sr. Rusty Celestino Tun Arredondo.

Sra. Aurelia Narvaez Tun.

Dedico este trabajo con amor y cariño a mis padres, que me dieron la vida y me alientan para seguir adelante. Por su infinito amor y confianza que me tuvieron en cada instante de mi vida, por su inagotable lucha y esfuerzo que realizaron para brindarme la oportunidad de estudiar; les reitero mi agradecimiento por darme la mejor de las herencias que se puede dar a un hijo, una formación profesional, de la cual estaré agradecida toda la vida.

ABSTRACT

The production of ornamental plants is an important commercial aspect in the horticulture sector. The demand for ornamental plants in pots is increasing due to urban expansion. In an integrated approach to determine the appropriate fertilization dose for the production of ornamental coleus plants, this research was carried out entitled "evaluation of fertilization doses in the cultivation of coleus (*Solenostemon scutellarioides*) under protected conditions. The research work was carried out at the facilities of the Lol Pak'al nursery, S.P.R. de R.L. de C.V. in the district of Dzununcan, Municipality of Merida in the state of Yucatan. Nutrition management has an impact on the production time and quality of the plant. In order to evaluate the effect of different doses of mineral fertilization on coleus plant production under greenhouse conditions, a Steiner solution was applied directly to the soil, irrigated at three concentrations and a control with water. The results showed that the application of the Steiner solution at a concentration of 70% resulted in an increase in plant height, number of leaves, fresh mass weight and dry mass weight. The application of fertilizers is a valuable technique to stimulate plant growth and quality. Plants irrigated at a concentration of 50% and 100% of the universal Steiner solution obtained an increase in stem diameter, root volume and leaf area.

RESUMEN

La producción de plantas ornamentales es un aspecto de importancia comercial en el sector de la horticultura. La demanda de plantas ornamentales en macetas está aumentando debido a la expansión urbana. En un enfoque integrado para determinar la dosis de fertilización adecuada para la producción de plantas ornamentales de coleo, se llevó a cabo esta investigación que tiene por título “evaluación de dosis de fertilización en el cultivo de coleos (*Solenostemon scutellarioides*) en condiciones protegidas. El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del vivero Lol Pak´al, S.P.R. de R.L. de C.V. en la comisaría de Dzununcan Municipio de Mérida en el estado de Yucatán. El manejo de la nutrición tiene impacto en el tiempo de producción y de calidad de la planta. Con el objetivo de evaluar el efecto de las diferentes dosis de fertilización mineral en la producción de la planta de coleo bajo condiciones de invernadero, se aplicó en directo al suelo, riego con solución Steiner en tres concentraciones y un testigo con agua, los resultados demostraron que la aplicación de la solución Steiner en una concentración al 70 % se obtuvo un incremento en la altura de la planta, en número de hojas, peso de masa fresca y peso de masa seca. La aplicación de los fertilizantes constituye una técnica valiosa para estimular el crecimiento y calidad en las plantas. Las plantas irrigadas en una concentración del 50 % y 100 % de la solución universal Steiner obtuvieron un incremento en el diámetro del tallo, en volumen de raíz y en el área foliar.

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. HIPÓTESIS	14
4. FUNDAMENTO TEORICO.....	15
4.1. Origen.....	15
4.2. Descripción botánica.....	16
4.3. Clasificación taxonómica	17
4.4. Exigencias climáticas.....	17
4.4.1. Riego	18
4.4.2. Requerimientos nutricionales de <i>Solenostemon scutellarioides</i>	18
4.4.3. Abonado	18
4.4.4. Sustrato.	18
4.4.5. Poda.	18
4.5. Propagación	19
4.6. Principales plagas y enfermedades.	19
4.5.1. Pulgones.	19
4.6.2 Cochinillas.....	20
4.7. Soluciones nutritivas para cultivos protegidos	20
5. DESARROLLO DEL PROYECTO	22
5.1. Ubicación del área experimental.....	22
6.2. Material vegetal.....	23
6.3. Tratamientos.....	29

6.4. Diseño experimental.....	30
6.5. Variables de respuesta.	30
6.6. Análisis estadístico	31
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	32
8. CONCLUSIONES.....	36
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la solución universal Steiner al 100.% utilizada en el experimento. tomado de Steiner, A.A. 1961. -----	29
Tabla 2. Distribucion del experimento en campo con diseño bloques al azar----- ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3. Altura inicial (1_ddt) y altura final (120 ddt) registrada en los diferentes tratamientos. -----	32
Tabla 4. Diámetro inicial y final registrado en los tratamientos -----	33
Tabla 5. Efecto de la aplicación de las dosis de fertilización en las plantas de Solenostemon scutellarioides a los 120 días ddt-----	34
Tabla 6. Efecto de las dosis de fertilización mineral Steiner en el volumen radical (cm3) en las plantas de coleos. -----	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área donde se realizó el experimento. -----	22
figura 2. Charolas de 200 cavidades con sustrato de peat moss para la siembra de semillas, germinación de plantas de coleos a los 12 días. -----	23
Figura 3. Plántulas de coleos listas para el trasplante a macetas -----	24
figura 4. Plántulas de coleo al momento del trasplante. -----	25
figura 5. Pesado de fertilizantes para la preparación de las dosis de fertilización. -----	26
figura 6. Medición del diámetro del tallo utilizando un vernier digital.-----	27
figura 7. Proceso de sacado: a) rotulación de material fresco por tratamiento listos para ser introducidas a la estufa; b) material seco. -----	28
figura 8. Calculo del volumen de raíz utilizando una probeta de 1000 mL. -----	28
figura 9. Plantas de <i>Solenostemon scutellarioides</i> antes del muestreo destructivo -----	30

1. INTRODUCCION

Los coleos son plantas perennes oriundas de África y Asia tropical, es una planta relativamente común en México. En las clasificaciones actuales constituyen un género taxonómico, el género *Solenostemon*. En otro tiempo se clasificaban los coleos en el género *Coleus*, taxon hoy en día abandonado, aunque algunos autores lo consideran todavía como un sinónimo del género *Plectranthus* (Sanches, 2005).

El coleo es un género de la familia Lamiaceae, que comprende unas 150 especies de plantas herbáceas perennes, anuales y subarborescentes perennifolias, oriundas de África y Asia tropical, se ramifica abriéndose ascendentemente, se comercializa exclusivamente por la belleza de su follaje. Son plantas muy adecuadas para ser cultivadas en macetas (Edwards, 2000).

El cultivo comercial de plantas ornamentales para interiores no es una actividad nueva. En nuestro país el consumo de estas adquiere cada día mayor importancia. Algunas las produce uno mismo y otras son importadas de países con una gran tradición y empuje comercial. Como Holanda, Bélgica y Dinamarca. Teniendo en cuenta todo esto en nuestro país existen muchas condiciones climáticas que permitirán cubrir gran parte de nuestras necesidades y hasta puede llegar a ser un importante proveedor para otros países (Beunaa, 2005).

Desde hace tiempo se ha trabajado en la producción de plantas ornamentales en macetas para usarlas como una opción en la reforestación de áreas verdes en parques públicos y pláticas de educación ambiental. Estas actividades requerían que durante el año se tenga en existencia gran producción de plantas en especial del *Coleus*. Por su facilidad de manejo (Schubert, 1980).

En nuestro medio, los trabajos y estudios sobre la reproducción vegetativa de plantas ornamentales de interior son muy escasos, a diferencia de otros países, lo que crea la

necesidad de realizar estudios que generen información preliminar para trabajos posteriores más especializados. El coleo, es una planta apreciada por el atractivo de su follaje, se constituye en materia de estudio como una alternativa de la actividad productiva y económica. Las especies que son producidas, para maceta cultivados en invernadero se consideran, como menores porque no se producen en grandes cantidades en una amplia área geográfica (Martin, 2008).

Debido a todo esto actualmente las plantas ornamentales se están posicionando en un lugar privilegiado dentro de la sociedad tanto a nivel gubernamental como particular ya que se considera la importancia de estas en el impacto ecológico, económico, estético y productivo de estas (Hawthorner, 2005).

La ornamentación de interiores con plantas exóticas ha experimentado un importante crecimiento en nuestro medio cada vez hay más personas dedicadas a esta actividad y el número de especies ornamentales exóticas introducidas en los mercados pequeños son más numerosas con el tiempo. El coleo es una planta relativamente común en México, y sus usos hoy en día es meramente ornamental. Sin embargo, la cultura mazateca acostumbra consumir las hojas, ya sea mascadas o en te. (Menino, 2021)

En México el cultivo de plantas ornamentales ha cobrado en los últimos años una gran importancia por la demanda que tiene, pero debido a que la producción nacional no satisface el mercado, hace necesario la importación de plantas ornamentales de diferentes especies. Actualmente existe una gran diversidad de estos en el mercado (Wagner y Lorence, 2014).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo es la evaluación de dosis de fertilización en el cultivo de coleos (*Solenostemon scutellarioides*) en condiciones protegida para obtener una dosis adecuada de fertilización.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinación de la dosis de fertilización para el cultivo de coleo (*solenostemon scutellarioides*) en condiciones protegidas.

2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar las diferentes dosis de fertilización en el cultivo de coleo (*Solenostemon scutellarioides*) para su producción en maceta.
2. Determinar una dosis de fertilización en el cultivo de coleo (*Solenostemon scutellarioides*) para su producción en maceta en condiciones protegidas.

3. HIPÓTESIS

La aplicación de las dosis de fertilización propuesta al 100 % en las diferentes etapas de la planta, tendrá como resultado un mejor rendimiento en el crecimiento y desarrollo de coleos (*Solenostemon scutellarioides*) en condiciones protegidas.

4. FUNDAMENTO TEORICO

4.1. Origen

El género *Solenostemon* comprende unas 150 especies de plantas herbáceas anuales o vivaces, de hojas opuestas, simples, pecioladas, cordiformes y generalmente dentadas. El coleo destaca por la vistosa coloración de su follaje, que va del amarillo al purpura, del marrón al verde y en ocasiones hasta escarlata. Todos estos tonos, se distribuyen sobre la superficie de las hojas en manchas, franjas y también formando zonas concéntricas. Procede de la india, java y zonas tropicales de Asia.

Existen gran número de variedades obtenidas por hibridación de distintas especies, que se agrupan por el porte, tamaño y forma de las hojas, colorido, etc.

Es una planta muy económica y a la vez vistosa y ornamental. Puede ser cultivada ya sea dentro de casa o en el jardín.

Lo más llamativo del coleo son sus hojas variegadas de textura aterciopelada y muy apreciada por su gran valor estético y decorativo (Castellanos, 2009).

4.2. Descripción botánica

Planta perenne, erecta, de naturaleza herbácea o semiarbustiva. Alcanza una altura de 25 a 50 cm. Sus hojas son opuestas, simples en forma de corazón de bordes festoneados y cuyo limbo muestra un color vivo. Los tallos son cuadrangulares. Pueden aparecer pequeñas espigas de florecillas violeta poco llamativas. Tiene multitud de variedades. Los colores varían entre verde, amarillo, rojo, bronce, púrpura y gris, todos ellos variadamente jaspeados.

Los coleos son plantas que en piso no alcanzan grandes dimensiones y no superan los 50 cm de altura mientras que en sus entornos naturales pueden superar el metro de altura, son plantas siempre verdes perennes pero que generalmente son cultivadas como anuales.

Poseen un tallo de sección cuadrangular y las hojas asumen formas muy diferentes según la especie, las hay: acorazonadas, lanceoladas, ovaladas, con los márgenes lisos o dentados y con coloraciones que van del verde claro, al cobrizo, al rojo, al naranja y al amarillo, irregularmente combinados entre ellos (Sharman , 2017).

Hay muchas especies de *Coleus* pero la más importante de la que derivan casi todos los híbridos que hallamos en el comercio es el *Coleus blumei*. El *Coleus blumei* es originario de la isla de Java y en la naturaleza en un matorral alcanza el metro de altura (Missori Botanical, 2014).

Las flores se reúnen en inflorescencias en espiga y son pequeñas, de color variable del blanco, al azul, al púrpura, poco llamativas. Hay muchas especies de *Coleus*, pero la más importante de la que derivan casi todos los híbridos que hallamos en el comercio es el *Coleus blumei*. El *Coleus blumei* es originario de la isla de java y en la naturaleza en un matorral alcanza el metro de altura (Missori Botanical, 2014).

4.3. Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Lamiales
Familia:	Lamiaceae
Subfamilia:	Nepetoideae
Tribu:	Ocimeae
Genero:	Solenostemon
Especie:	P. scutellarioides

4.4. Exigencias climáticas

El coleo es una planta tropical nativa de climas cálidos, las temperaturas inferiores a 10 °C evitan su crecimiento, si la temperatura cae por debajo de 7 °C, morirá, el coleo prospera en temperaturas de entre 21 a 37 °C. durante el día una temperatura de 23 °C es perfecta para su crecimiento y los colores de su follaje. Generalmente se cultivan en maceta, puede cultivarse como planta de exterior en terrazas y jardines, pero teniendo siempre presente que, a la llegada del otoño, debe ser devuelta al interior ya que no soporta el frío intenso (Monsalve , 2019).

Aunque el coleo no requiere cambios de temperatura para entrar en las diferentes fases de crecimiento, es importante mantener constancia. Las fluctuaciones bruscas de temperatura pueden ralentizar su crecimiento independientemente de su fase actual, por lo

que siempre es mejor mantenerlas en un entorno controlado. Es vital mantener ese rango óptimo de temperaturas de 25 a 32 °C (Infoagro, 2017).

La luz es probablemente uno de los cuidados más importantes de esta planta, que necesita de un entorno bien iluminado y durante muchas horas, pero siempre que sea luz directa o con luz tamizada por cortinas adecuadas. El coleo necesita además de cierto nivel de humedad ambiental, pero se recomienda asperjar agua sobre sus hojas (Intagri, 2017).

4.4.1. Riego

Ha de ser escaso, motivo por el que hay que evitar el encharcamiento del sustrato, resultando imprescindible reducir el aporte de agua al mínimo en regiones de inviernos fríos.

Su capacidad de retener agua en el tronco y las hojas, facilitan su adaptación para sobrevivir largos periodos de tiempo con una falta absoluta de agua. En interior regar con moderación durante la época de más calor.

4.4.2. Requerimientos nutricionales de *Solenostemon scutellarioides*.

El coleo realmente no necesita fertilizante, pero una aplicación de fertilizante con alto contenido de nitrógeno puede mantener el follaje brillante y saludable (Infoagro, 2017).

4.4.3. Abonado.

A partir de primavera y hasta el otoño, proporcionar fertilizantes en dosis reducidas y poco frecuentes, cada 30-40 días. El año que se trasplanta no es preciso realizar aporte adicional de nutrientes.

4.4.4. Sustrato.

Debe ser poroso y ligero con buena capacidad de drenaje. Para lograrlo, conviene mezclar compost de origen vegetal con arena de río y arcilla de origen silíceo, o bien grava de roca volcánica.

4.4.5. Poda.

En el momento de trasplante se realiza el aclareo de las raíces, y a la vez la eliminación de las ramificaciones no indispensables para la configuración final.

Se debe realizar una poda estructural al comienzo de la primavera, practicando los cortes siempre por encima de un nudo y sin dañarlo.

A principios y a finales de verano deben de cortarse los nuevos brotes.

El pinzado no suele ser muy habitual, ya que el estilo suele lograrse sin problema con la poda.

Se despunta cuando hayan surgido los 3 o 4 primeros nudos, ya que en principio se encuentran muy apretados, para después distanciarse longitudinalmente a medida que pasa el tiempo.

En ocasiones aparecen hojas demasiado grandes que conviene eliminar, así como todas aquellas que presentan alguna herida o se desarrollan en la base del tronco.

4.5. Propagación

Se produce por sus finas semillas; sin embargo, se propaga masivamente con esquejes de tallos desojado, sembrados en sustrato ricos en materia orgánica porosos o se puede introducir en un recipiente con agua y en pocos días se podrá apreciar la aparición de raíces.

4.6. Principales plagas y enfermedades.

Por lo general los coleos son atacados por pocas plagas y sufren muy pocas enfermedades, en este caso básicamente las relacionadas con la raíz y en fases de enraizamiento o germinación.

En las plagas destacan las cochinillas (*Ortheza insignis* y *Pseudococcus citri*), la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), la araña roja (*Tetranychus urticae*), los caracoles y las babosas.

Respecto a sus enfermedades básicamente serian *Pythium* y *Rhizoctonia* los principales hongos que atacan a esta planta (Perez- Sierra, et al., 2012)

4.5.1. Pulgones.

Los pulgones actúan clavando un estilete chupador y absorbiendo la savia de las hojas. Provoca hojas enrolladas y pegajosas. Les gustan más los brotes tiernos y es ahí donde se asientan preferentemente.

Aparece también el hongo negrilla (*Fumaginas* sp.), de color negro y hormigas (estas recogen las gotas de la maleza que excretan los pulgones y están cerca de ellos para limpiarlos y protegerlos).

4.6.2 Cochinillas.

Todas las cochinillas se caracterizan por que tienen una especie de escudo protector, de distintos colores y consistencias, según la especie de que se traten.

Estos insectos clavan un estilete sobre las hojas y chupan la savia, provocando hojas descoloridas, amarillentas, deformadas y su posterior caída. Parte de la savia que toman la excretan como líquido azucarado (melaza) sobre el que aparece el hongo negrilla.

4.7. Soluciones nutritivas para cultivos protegidos

La solución Steiner es una solución nutritiva, donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. La solución universal Steiner se compone de macronutrientes; nitrógeno, fósforo y potasio que son los elementos más demandados para el desarrollo de los cultivos y de micronutrientes como: calcio, magnesio, boro, hierro, manganeso, zinc y molibdeno, elementos que se requieren en menor proporción.

En 1961 Steiner en Holanda, propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Steiner propuso que debe existir una relación entre estos aniones y cationes para que las plantas los puedan aprovechar al máximo. Determinó que la relación entre los aniones debe de oscilar entre; 50-70 % de NO_3^- , 3-20 % de H_2PO_4^- y 24-40 % de $\text{SO}_4^{=}$. Para el caso de los cationes 30-40 % de K^+ , 35-55 % de Ca^{++} y 15-30 % de Mg^{++} . Finalmente sugirió que la solución nutritiva universal debía contener en forma balanceada las proporciones entre aniones y cationes (Castellanos, 2009).

Los coleos son plantas que en piso no alcanzan grandes dimensiones y no superan los 50 cm de altura mientras que en sus entornos naturales pueden superar el metro de altura, son plantas siempre verdes perennes pero que generalmente son cultivadas como anuales.

Poseen un tallo de sección cuadrangular y las hojas asumen formas muy diferentes según la especie: acorazonadas, lanceoladas, ovaladas, con los márgenes lisos o dentados y con coloraciones que van del verde claro, al cobrizo, al rojo, al naranja y al amarillo, irregularmente combinados entre ellos (Sharman, 2017).

Las flores se reúnen en inflorescencias en espiga y son pequeñas, de color variable del blanco, al azul, al purpura, poco llamativas. Hay muchas especies de *Coleus*, pero la más importante de la que derivan casi todos los híbridos que hallamos en el comercio es el *Coleus blumei*. El *Coleus blumei* es originario de la isla de Java y en la naturaleza es un matorral alcanza el metro de altura (Missori Botanical, 2014).

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1. Ubicación del área experimental.

El trabajo experimental de investigación se realizó en el periodo del 04 de enero al 22 de mayo del año 2023 bajo condiciones protegidas, se estableció en las instalaciones del vivero Lol Pak'al, S.P.R. de R.L. de C.V. en la comisaría de Dzununcan Municipio de Mérida en el estado de Yucatán, ubicado en la calle 21 tablaje catastral 23164 Lote 11 manzana 34 zona carretera Xmatkuil, Dzununcan, Mérida (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son: Longitud (dec): -89.653333, Latitud (dec): 20.865833. La localidad se encuentra a una mediana altura de 10 metros sobre el nivel del mar.

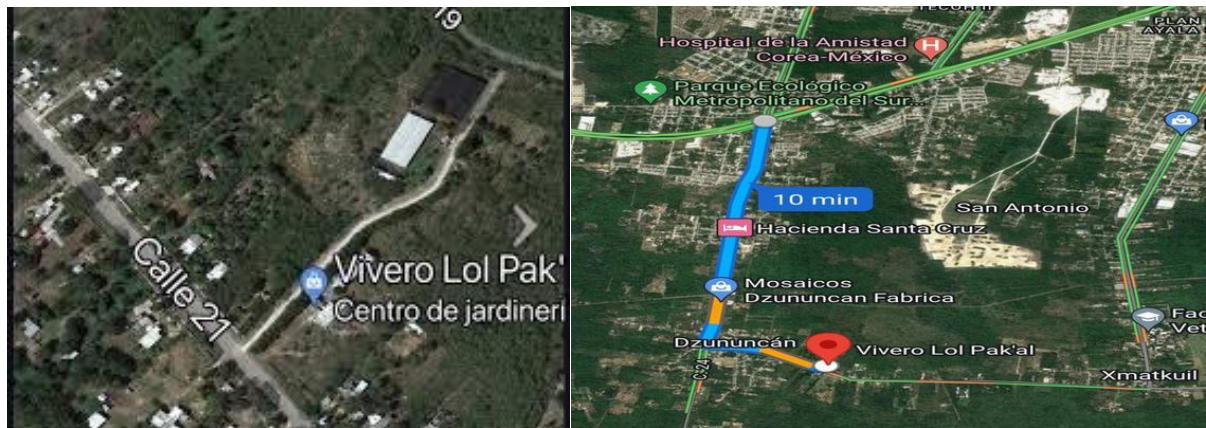


Figura 1. Ubicación del área donde se realizó el experimento.

6.2. Material vegetal.

Obtención de semillas y preparación de semilleros

Para llevar a cabo el experimento, se utilizaron semillas obtenidas del supermercado, mismas que fueron introducidas en charolas de 200 cavidades para su germinación las semillas fueron sembradas en charolas de 200 cavidades, como sustrato se utilizó peat moss (Figura 2), previamente bien humedecido para germinarlas en un periodo de 4 a 6 días dependiendo de las condiciones ambientales proporcionadas.

Se colocó una semilla por cada cavidad en las charolas, para ello se utilizaron 2 charolas haciendo un total de 400 semillas sembradas, posterior a la colocación de las semillas fueron cubiertas con una película negra de plástico, las semillas emergieron de 4 a 6 días (Figura 2).

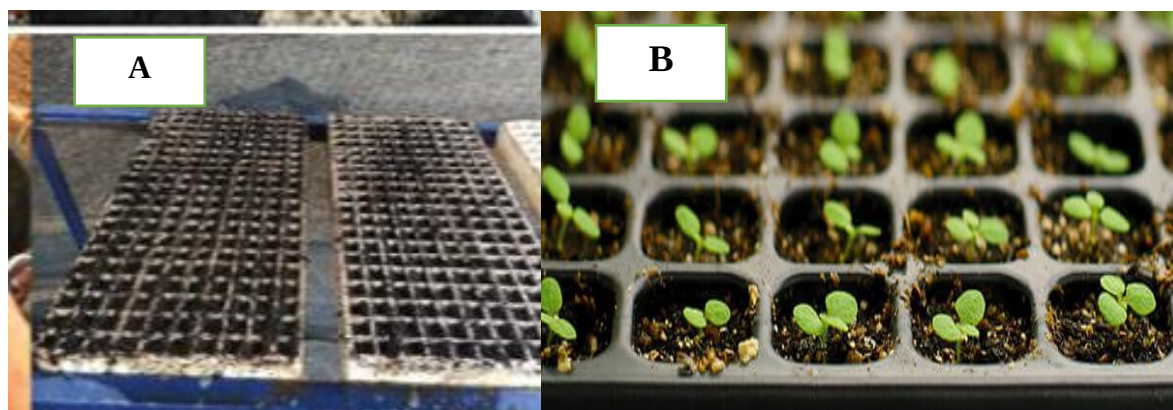


Figura 2. A) Charolas de 200 cavidades con sustrato de peat moss para la siembra de semillas. B) Germinación de las plantas de coleos a los 12 días.

Al momento de la emergencia no se presentaron problemas de plagas o enfermedades al igual que durante el periodo de espera para el trasplante, es de importancia el riego en esta etapa, pero sin llegar al exceso para evitar la presencia de hongos. Una vez que las plántulas alcanzaron la altura considerada como suficiente entre tres a cinco centímetros (Figura 3), se procedió a la elección de plantas en mejores condiciones para realizar el trasplante.



Figura 3. Plántulas de coleos listas para el trasplante a macetas

Trasplante

Al momento del trasplante, se descartaron aquellas plántulas que tienen lesiones o no han alcanzado la altura suficiente para ser utilizadas, una vez ya seleccionadas se procedió a humedecer el sustrato de las macetas para que sea más sencillo colocar las plantas. A pesar de que no se requiere de mucha experiencia para realizar esta actividad se debe recordar que el cuello de la planta se deja al nivel del sustrato. Las plantas a la hora del trasplante tenían una altura de 10 a 12 cm.

El cultivo se estableció en macetas de 6 pulgadas con una mezcla de suelo cancab + hojarasca, se trasplanto una plántula por maceta. Las plántulas tenían de 3 a 6 pares de hojas (Figura 4).



Figura 4. Plántulas de coleo al momento del trasplante.

Manejo de riego y fertilización

La Solución Universal de Steiner sigue siendo muy utilizada como base en la actualidad; sin embargo, además de la concentración de nutrimentos (expresada a través de la conductividad eléctrica) y del balance de aniones y cationes, para elaborar una solución nutritiva adecuada hay que considerar otra serie de factores como: el pH, aportes del suelo (en su caso), aportes del agua, sinergismos y antagonismos entre nutrientes, requerimientos específicos del cultivo, dosis de micronutrientes y la forma de quelatarlos si es necesario, otros nutrimentos como sodio, cloruros, amonio y bicarbonatos, etapa fenológica del cultivo.

Para la preparación de las dosis de fertilización se aplicó la solución nutritiva universal de Steiner, donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, está compuesto por macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, que son los elementos más demandados para el desarrollo de los cultivos y de micronutrientes como el cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, hierro, , zinc y molibdeno, elementos que se requieren en menor proporción.

Durante todo el experimento se realizaron 3 aplicaciones una por semana dirigidas a la maceta mediante la técnica conocida como “drench”. Las dosis correspondientes fueron diluidas en agua aplicando 200 ml a cada planta, la cual se determinó mediante un aforo

utilizando una probeta con 1000 ml de agua, se suministró a una maceta con sustrato y la cantidad utilizada fue restada con el sobrante de la probeta.

La solución nutritiva aplicada al 50% y 70% partieron de la solución universal Steiner al 100%.

Se realizó el pesado de los fertilizantes utilizando una báscula gramera. Nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de potasio y sulfato de magnesio (figura 5).



Figura 5. Pesado de fertilizantes para la preparación de las dosis de fertilización.

Altura y diámetro de las plantas

La altura de la planta fue tomada desde la base del tallo hasta el último brote apical, utilizando un flexómetro. En cuanto al diámetro del tallo se utilizó un vernier digital, se midió 3 cm arriba de la base de la planta (figura 7), ambos datos fueron analizados en cm.



Figura 3. Medición del diámetro del tallo utilizando un vernier digital.

Análisis destructivo

Se separaron las hojas de los tallos y se pasaron en una báscula gramera, posteriormente se colocaron en bolsas de papel, se rotularon por tratamiento y fueron introducidas a la estufa a una temperatura de 75 °C (Isotempoven model 655 Fisher Scientific) 5 días para dejarlas deshidratadas y proceder al pesado de las muestras en seco (Figura 7).



Figura7. Proceso de sacado: a) rotulación de material fresco por tratamiento listos para ser introducidas a la estufa; b) material seco.

Para determinar el volumen de raíz se realizó el lavado para remover el sustrato y posteriormente se introdujo la raíz en una probeta de 1000 mL para obtener el cálculo del volumen (Figura 8).

El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado. Esta fuerza recibe el nombre de empuje hidrostático o de Arquímedes y se mide en newtons (en el SI). (Bierman J, kincanon E. 2003)



Figura 8. Cálculo del volumen de raíz utilizando una probeta de 1000 mL de acuerdo al método de Arquímedes (Bierman J, kincanon E. 2003)

6.3. Tratamientos.

En el experimento se establecieron 3 tratamientos con diferentes cantidades de fertilizante y un testigo (agua). El primer tratamiento fue de 100%, (tabla 1) de donde partieron el 50% y el 70% de solución nutritiva Steiner. La fertilización se realizó mediante el riego, aplicando directamente a la base de la planta. Se utilizó nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio.

Tabla 1. Composición de la solución universal Steiner al 100% utilizada en el experimento. tomado de Steiner, A.A. 1961.

Fertilizante	g, 100mL ⁻¹
Ca (NO ₃) ₂ 4H ₂ O	69.68 g
KNO ₃	60.60 g
K ₂ SO ₄	61.56g
MgSO ₄ ·7H ₂ O.	32.36 g
H ₃ PO ₄	2.25 mL
HNO ₃	25.11 mL
H ₂ SO ₄	11.96 mL

Del 100_% de la solución universal de Steiner partieron el 50_% y el 70_% en donde el pH se ajustó a 6.5.

Los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente, manera: testigo (agua); solución al 50%, solución al 70% y solución al 100%. La aplicación de los tratamientos empezó a los 15 días después del trasplante.

6.4. Diseño experimental.

El diseño experimental realizado en campo fue de bloques completos al azar (BCA) siendo en total 4 bloques, cada bloque fue representado por 4 tratamientos con 4 unidades experimentales cada uno.

Cada bloque fue de 20 plantas siendo en total 80 plantas de las cuales 64 fueron analizadas.

6.5. Variables de respuesta.

Para las variables de crecimiento, materia fresca y seca, se realizó un muestreo destructivo de 20 plantas por repetición a los 120 días después del trasplante (Figura 9).



Figura 9. Plantas de Solenostemon scutellarioides antes del muestreo destructivo.

Cuando finalizo el experimento se evaluó área foliar, con un integrador de área foliar LI-COR 3000 A. Para la altura de la planta (cm) se utilizó un flexómetro, midiendo desde la base de la planta hasta la punta del ápice, para el diámetro basal del tallo (mm) se utilizó un vernier, mientras que para el peso de masa fresca y seca se utilizó una báscula granataria, para el secado de las muestras se colocaron las plantas completas en bolsas de papel y posteriormente fueron llevados a la estufa de secado a una temperatura de 75 °C (Isotempoven model 655 Fisher Scientific).

6.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey ($p= 0.05$) con el programa estadístico SAS.

Para el establecimiento del trabajo se evaluó el efecto de 3 tratamientos de solución nutritiva Steiner al 100_%(Tr^3) de donde partieron las otras 2 soluciones del 50_% (Tr^0) y el 70_% (Tr^1) y un testigo (Tabla 2).

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En las 3 aplicaciones que se realizaron para determinar la mejor dosis de fertilización, la dosis al 70 % (Tr²) fue la que demostró estadísticamente ser el mejor a los 120 días después del trasplante con 3.35 cm promedio en la altura de la planta (Tabla 3).

Entre los tratamientos puestos bajo análisis se observó que entre los tratamientos Tr¹ (Steiner 50 %) y Tr² (Steiner 70 %) no presentan diferencia significativa (Tukey, p=0.05), caso contrario al tratamiento Tr⁰ (agua) y Tr³ (Steiner 100 %) que si presentaron diferencia significativa entre ellos.

Tabla 3. Altura inicial (1ddt) y altura final (120 ddt) registrada en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	ID de tratamientos	Alturas* (1 ddt) (cm)	Alturas* (120 ddt) (cm)	Plantas por tratamiento
Agua	Tr ⁰	3.07 b	22.65 bc	16
Steiner 50%	Tr ¹	3.24 a	27.50 b	16
Steiner 70%	Tr ²	3.35 a	37.10 a	16
Steiner 100%	Tr ³	3.21 a	33.00 c	16

Para el diámetro inicial no se reportó significancia alguna al momento de analizar los datos recabados, en comparación con las demás variables esta fue la que no demostró cambio alguno entre tratamientos.

Según los datos obtenidos por el análisis realizado nos indica que existe una igualdad entre los tratamientos Tr⁰ (Agua) y Tr¹ (Steiner 50 %), mientras que el tratamiento Tr⁰ (Agua), Tr¹ (Steiner 50 %) y Tr³ (Steiner 100 %) son aparentemente iguales, es decir que no hay diferencia significativa, caso distinto al tratamiento Tr² (Steiner 70 %) que únicamente muestra similitud estadísticamente con el tratamiento Tr³ (Steiner 100 %), mientras que con los demás tratamientos la diferencia es aparentemente mínima, pero si existió diferencia significativa (Tabla 4).

Tabla 2. Diámetro inicial y final registrado en los tratamientos aplicados a plantas de Coleos.

Tratamientos	ID de tratamientos	Diámetro* (1 ddt) (cm)	Diámetro* (120 ddt) (cm)	Plantas por tratamiento
Agua	Tr ⁰	2.17 b	5.39 bc	16
Steiner 50_ %	Tr ¹	2.45 a	5.94 b	16
Steiner 70_ %	Tr ²	2.82 a	6.77 a	16
Steiner 100_ %	Tr ³	2.87 b	7.92 c	16

Con respecto a los tratamientos Tr¹ (Steiner 50%), Tr² (Steiner 70%) y Tr³ (Steiner 100%) no presentaron diferencia significativa entre sí, aunque si presentaron diferencia significativa (Tukey, p=0.05), con respecto al tratamiento testigo Tr⁰ (Agua) y el tratamiento de dosis Tr² (Steiner 70%). Aparentemente en la variable de peso fresco la dosis al 70_ % surtió efecto positivo obteniendo los mejores pesos entre los tratamientos puestos bajo investigación (Tabla 5).

El mismo caso para el análisis de los pesos de materia seca, no existió diferencia significativa entre los tratamientos Tr¹ (Steiner 50%), Tr² (Steiner 70%) y Tr³ (Steiner 100%), no presentaron diferencia significativa entre sí, aunque si presentaron diferencia (Tukey, p= 0.05) con respecto al tratamiento testigo Tr⁰ (Agua). (Tabla 5).

El tratamiento Tr³ (Steiner 100_ %) tuvo un efecto menor que el tratamiento Tr² (Steiner 100_ %).

Para la variable de número de hojas por tratamiento los resultados obtenidos fueron de acuerdo a lo recabado con las variables anteriores, siendo los mejores tratamientos las dosis de fertilización en los tres porcentajes presentados. El análisis indica que entre los tratamientos Tr⁰ (Agua), Tr² (Steiner 70%) y Tr³ (Steiner (100_ %) no existe una diferencia

significativa (Tukey, $p=0.05$), con respecto al tratamiento Tr^0 (Agua) y el tratamiento Tr^3 (Steiner 100 %) si presentaron diferencia significativa.

El efecto de las dosis puestas a prueba refleja la máxima eficacia entre los tratamientos Tr^2 y el tratamiento Tr^3 , obteniendo la mayor cantidad de área foliar producida a los 120 ddt, en el caso entre estas variables no existió diferencia significativa (Tukey, $p=0.05$) (Tabla 5).

Tabla 3. Efecto de la aplicación de las dosis de fertilización en las plantas de *Solenostemon scutellarioides* a los 120 días ddt.

Tratamientos	ID de tratamientos	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Numero de hojas
Agua	Tr^0	15.75 b	3.15 b	9.05 a
Steiner 50 %	Tr^1	24.1 a	5.85 a	10.5 a
Steiner 70 %	Tr^2	27.05 a	7.5 a	10.9 a
Steiner 100 %	Tr^3	24.95 a	7.7 a	10.45 b

Los datos mencionados en la tabla corresponden a las medias de cada tratamiento, medias $\pm$ error estándar (Tukey, $p=0.05$).

Para la obtención de la variable de volumen radicular se utilizó una probeta y remojando la raíz de la planta en un volumen de agua conocido, mediante el volumen de agua desplazado es como se logra saber el volumen (cm^3) radical de la planta en cuestión. El método de Arquímedes fue empleado para realizar el proceso del volumen radicular

Los tratamientos Tr^1 (Agua), Tr^2 (Steiner 70 %) y Tr^3 (Steiner 100 %) no demostraron diferencia significativa (Tukey, $p=0.05$) en las plántulas de *Solenostemon scutellarioides* sometidas al análisis destructivo, por otro lado, nos muestra que el tratamiento Tr^1 fue el que presento mejor volumen radical entre las plántulas de este tratamiento.

Basándose en el estudio realizado se demostró que las tres diferentes dosis de fertilización dieron los mejores resultados en comparación con el tratamiento testigo, pero dependiendo al porte de la planta se puede decir que el tratamiento que obtuvo mejor resultado es el tratamiento Tr² (Tabla 6).

Por todo lo anterior es posible señalar, que para las variables analizadas en este estudio dependen de factores de luz, nutrimentos, la edad y genotipo de la planta, así como el sustrato, humedad del mismo y número de aplicaciones y porcentajes de las dosis.

Tabla 6. Efecto de las dosis de fertilización mineral Steiner en el volumen radical (cm³) en las plantas de coleos a los cuatro días.

Tratamientos	ID de tratamientos	Volumen radical (cm ³)	Plantas por tratamiento
Agua	Tr ⁰	5.2 b	20
Steiner 50_%	Tr ¹	13.7 a	20
Steiner 70_%	Tr ²	12.9 a	20
Steiner 100_%	Tr ³	12.5 a	20

Los datos mencionados en la tabla volumen radical (cm³) corresponden a las medias de cada tratamiento.

8. CONCLUSIONES

Las dosis de fertilización analizadas demuestran que, si se obtienen beneficios al aplicar de una manera adecuada las dosis de fertilización mineral, por lo que se puede decir que las dosis de fertilización aplicadas dieron buenos resultados ante el tratamiento testigo.

En cuanto a los tratamientos Tr¹ (Steiner 50%) y Tr³ (Steiner 100%) también presentaron buenos resultados en las variables del diámetro.

ro y volumen de raíz, por lo que se puede decir que también son adecuados y aportan buenos nutrientes para que la planta pueda llevar acabo un crecimiento y desarrollo de una manera adecuada.

Respecto a las medias que arrojaron los análisis se puede observar que el tratamiento Tr² (Steiner 70%) fue el que presento mejores resultados, ya que el objetivo de este proyecto consistió en la evaluación de dosis de fertilización en tres niveles, para determinar cuál era el mejor, por lo tanto, para que una planta pueda producirse en maceta para su venta, tiene que contar con ciertas características que le den un buen porte para llamar la atención al cliente. De igual manera para que el productor pueda optimizar los recursos para la utilización de los fertilizantes y puede mejorar sus ganancias.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Beunas Jean Charles, 2005, Guia técnica de las plantas de departamento, Ed. Blume, primera Edición, Buenos Aires- Argentina, pp. 176

Biernan J, Kincanon E. Reconsidering Archimedes principle. The Physics Teacher, vol 41, setember 2003, pp. 340-344.

Castellanos, J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial INTAGRI. Mexico 132-133

Edwars Jonathan, 2000, técnicas de jardineria , Ed. Agata-Libsa. Primera Edición. pp. 256

Hawthorne Linden, 2005, Plantas para sombra, Ed. Albatros, primera Edicion. Mexico, pp. 180.

Martin Ávila Pablo, 2008, la enciclopedia de las plantas de interior, Ed. Agata- LibSA, primera Edicion, pp. 255.

Menino R, Felizes F, Castelo-Branco MA, Fareleira P, Moreira O, Nunes R, Murta D. 2021. Agricultural value of Black Soldier Fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. Heliyon..

Missouri Botanical Garden. 2014. Base de datos de Tropicos. St. Louis, Missouri, EE. UU. Estados Unidos: Jardín Botánico de Missouri.

Monsalve J, Escobar R, Acevedo M, Sánchez M, Coopman R. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de Eucalyptus globulus producidas a raíz cubierta. Bosque. 30(2). doi:10.4067/S0717- 92002009000200004

Perez- Sierra, A, Mora-Sala, B. Garcia-Jimenez, J, & Abad-Campos, P. (2012) enfermedades causadas por Phytophthora en viveros de plantas ornamentales. Boletín de sanidad vegetal plagas, 38, 143-156.

Sanches C, 2005, Floricultura, Ed,. RIPALME, Lima- Peru, pp. 135.

Schubert, 1980, Guia de plantas de interior, Ed. Omega, primera Edición, Madrid-España,. Pp.368.

Sharma N, Singhvi R. 2017. Effect of Chemical Fertilizers and Pesticides on Human Health and

Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition plant soil 15:134-154.

Environment. Indian Journal. 10:675–680.

<https://indianjournals.com/>

[ijor.aspx?target=ijor:ijaeb&volume=10&issue=6&article=006](https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijaeb&volume=10&issue=6&article=006)

Wagner L, Lorence D. 2014. Flora of the Marquesas Island. Washington DC: Nacional Museum of Natural History.
<http://botany.si.edu/pacificislandbiodiversity/marquesasflora/index.htm>.

Infoagro. 2017. Importancia de los abonos orgánicos. México: [sin editorial].
<https://cutt.ly/oKfzPVP>.

Intagri. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Tecnicos de Intagri. (4).
[https:// www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal).