SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Tecnológico Nacional de México

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

ACONDICIONAMIENTO PREGERMINATIVO DE *Adenium obesum* Y EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON NUTRICIÓN ORGÁNICA PARA SU CULTIVO

TESIS

Que presenta:

Rosa Isabel Santos Dzul

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Eduardo Villanueva Couoh

Conkal, Yucatán, México

Junio 2018

Conkal, Yucatán, México, a 14 de junio de 2018

El comité de tesis del candidato a grado: Rosa Isabel Santos Dzul, constituido por los CC. Dr. Eduardo Villanueva Couoh, Dr. Luis Leonardo Pinzón López, y Dr. Jairo Cristóbal Alejo , habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: Acondicionamiento pregerminativo de *Adenium obesum* y evaluación de sustratos con nutrición orgánica para su cultivo, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Eduardo Villanueva Couoh
Director de Tesis

Dr. Luis Leonardo Pinzón López
Asesor de Tesis

Dr. Jairo Cristóbal Alejo
Asesor de Tesis

II

Declaratoria de propiedad

Conkal, Yucatán a 14 de junio de 2018

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece 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 Isabel Santos Dzul

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT por proporcionarme la beca durante mi carrera profesional.

También agradezco a mi director de tesis el Dr. Eduardo Villanueva Couoh por brindarme una paciente orientación y asesoramiento en todo mi trayecto escolar y en la redacción de tesis.

A mis asesores el Dr. Luis Leonardo Pinzón López y al Dr. Jairo Cristóbal Alejo agradezco sus atenciones tan amables en su asesoramiento con mi trabajo de tesis.

Agradezco al Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán por sus servicios educativos e instalaciones.

A mis compañeros y amigos de la Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical porque me apoyaron durante todo el ciclo escolar.

DEDICATORIA

Dedico con mucho cariño y esfuerzo éste trabajo a mis padres Hermelinda Dzul Sabido y Wenceslao Santos Pacheco agradeciendo a Dios porque están presentes en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos quienes me apoyaron emocionalmente y económicamente cuando lo necesitaba.

A mi esposo Carlos Eduardo Braga Ruíz y mi hijo Matías Leonel Braga Santos por esperar y resistir tantos días de escuela y proyectos sin estar con ellos en algunos momentos de su vida.

Índice de contenido

Hoja de firmas …….....……..II

Declaratoria de propiedad……...……..…….....……..III

Agradecimientos...…...……...……...IV

Dedicatoria…….....V

Índice de contenido……....VI

Índice de cuadros……VIII

Índice de figuras……...……IX

Resumen…...……..……..XIV

Abstrac……...……...XV

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL……1

1.1. Introducción general……..2

1.2. Antecedentes…….....3

1.2.1. Origen……3

1.2.2. Clasificación……...3

1.2.3. Características botánicas del *Adenium obesum*……..3

1.2.4. Tronco, ramas y hojas…….....…….....3

1.2.5. Flores……..3

1.2.6. Frutos y semillas……4

1.2.7. Requerimiento de temperatura y condiciones de luminosidad……...4

1.2.8. Latencia……...……...4

1.2.9. Formas de propagación del *Adenium obesum*….……..……5

1.2.10. Germinación……5

1.2.11. Métodos de control en la germinación……...……..6

1.2.12. Aplicación de fitohormonas en la germinación……7

1.2.13. Efecto del peróxido de hidrógeno en la germinación……...…7

1.2.14. Sustratos en el cultivo de *Adenium obesum*…….……....8

1.2.15. Requerimientos nutricionales en el cultivo de *Adenium obesum*……...9

1.3. Hipótesis……..11

1.4. Objetivos…….....11

1.4.1. Objetivo general……...……11

1.4.2. Objetivos específicos……11

1.5. Procedimiento experimental……11

1.6. Literatura citada……..……..12

CAPITULO II. ACONDICIONAMIENTO PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Adenium obesum*…….……16

2.1. Resumen……..17

2.1.1. *Abstract*..……..…….....17

2.2. Introducción……17

2.3. Materiales y métodos……...18

2.3.1. Área de estudio……18

2.3.2. Procedimiento experimental……19

2.3.3. Variables evaluadas……..20

2.3.4. Análisis de datos……...…20

2.4. Resultados y discusiones……20

2.5. Conclusiones…….....24

2.6. Literatura citada……...24

CAPITULO III. EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTAS DE *Adenium obesum*…….25

3.1. Resumen……..26

3.1.1. *Abstrac*…….26

3.2. Introducción……27

3.3. Materiales y métodos……..28

3.3.1. Área de estudio……...…….28

3.3.2. Procedimiento experimental……28

3.3.3. Variables agronómicas evaluadas……....30

3.3.4. Variables fisiológicas evaluadas…….....33

3.3.5. Análisis de datos...……...…….…...34

3.4. Resultados y discusiones…….....35

3.5. Conclusiones….…….....57

3.6. Literatura citada…….....……....59

IV. CONCLUSIONES GENERALES…..……...……..61

Índice de cuadros

CAPITULO II.- ACONDICIONAMIENTO PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Adenium obesum*

Cuadro 2.1 Tratamirntos evaluados para la imbibición de semillas de *A.obesum*……..……..……..……...19

Índice de figuras

CAPITULO II.- ACONDICIONAMIENTO PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Adenium obesum*

Figura 2.1 Temperatura registrada durante el período de germinación en semillas de *A. obesum*……...21

Figura 2.2 Germinación (%) de semillas de *Adenium obesum* en cinco tratamientos pregerminativos…….22

Figura 2.3 Germinación acumulada de semillas de *Adenium obesum* en cinco tratamientos pregerminativos……...…….23

Figura 2.4 Tasa de germinación en cinco tratamientos pregerminativos……..23

Índice de cuadros

CAPITULO III.- EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTAS DE *Adenium obesum*

Cuadro 3.1. Tratamientos evaluados en la nutrición de *Adenium obesum*…….28

Cuadro 3.2. Análisis de pH y conductividad eléctrica (CE) de los sustratos……..…30

Cuadro 3.3. Análisis de pH de los fertilizantes orgánicos……...…..30

Cuadro 3.4. Concentración de macro y micro nutrientes en sustratos evaluados a los 210 días en el crecimiento de *Adenium obesum*…….….....55

Cuadro 3.4. Concentración de macro y micro nutrientes evaluados a los 210 ddt en hojas secas de *Adenium obesum*…….…….....55

Índice de figuras

CAPITULO III.- EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTAS DE *Adenium obesum*

Figura 3.1 Altura de la planta…….31

Figura 3.2 Diámetro del tallo……..31

Figura 3.3 Temperatura y Humedad Relativa evaluadas a los 120 ddt en plantas de *A. obesum*……....36

Figura 3.4 Altura del *Adenium obesum* obtenido a los 210 ddt en la evaluación de sustratos……...….…..37

Figura 3.5 Altura del *Adenium obesum* alcanzada a los 210 ddt en la fertilización…..38

Figura 3.6 Diámetro del tallo de *Adenium obesum* evaluados a los 210 ddt en cinco sustratos……..39

Figura 3.7 Diámetro del tallo de *Adenium obesum* en la fertilización……40

Figura 3.8 Tasa Absoluta de Crecimiento en altura de *A. obesum* evaluado en cinco sustratos a los 210 ddt……..……...41

Figura 3.9 Tasa Absoluta de Crecimiento en altura de *A. obesum* evaluado a los 210 ddt durante la fertilización...……..……42

Figura 3.10 Tasa de Crecimiento Relativo en altura de *A. obesum* evaluado en cinco sustratos a los 210 ddt……..….....43

Figura 3.11 Tasa de Crecimiento Relativo en altura de *A. obesum* evaluado a los 210 ddt durante la fertilización…….....43

Figura 3.12 Número de hojas de *Adenium obesum* evaluados en cinco sustratos a los 210 ddt…...…….……45

Figura 3.13 Número de hojas de *Adenium obesum* evaluados a los 210 ddt con respecto a la aplicación de fertilizantes……..…..46

Figura 3.14 Planta de *Adenium obesum* con la aplicación del tratamiento Guano de murciélago…….47
Figura 3.15 Plantas medidas por sustrato con el SPAD estimando la concentración de nitrógeno, por medio de las tonalidades del color…….48
Figura 3.16 Área foliar en *A. obesum* evaluado a los 210 ddt en cinco sustratos...……..49
Figura 3.17 Área foliar en *A. obesum* evaluado en la fertilización a los 210 ddt……..49
Figura 3.18 Efecto causado sobre la planta durante la aplicación del tratamiento Guano de murciélago a los 210 ddt...……....50
Figura 3.19 Volúmen de raíz de *A. obesum* evaluado a los 210 ddt en cinco sustratos...….51
Figura 3.20 Volúmen de raíz de *A. obesum* evaluado en la fertilización a los 210 ddt.....52
Figura 3.21 Biomasa seca en hojas, tallo y raíz de *A. obesum* evaluado a los 210 ddt en cinco sustratos……...53
Figura 3.22 Biomasa seca en hojas, tallo y raíz de *A. obesum* evaluado a los 210 ddt durante la fertilización……53

Resumen

El *Adenium obesum* pertenece a la familia *Apocynacea* presenta un valor comercial por su escultural característica. Éste estudio se dividió en dos etapas: 1) El objetivo fue obtener un tratamiento pregerminativo para mejorar el tiempo en la germinación en semillas de *A. obesum*. Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo. Testigo: agua destilada, T1: ácido giberélico, T2: ácido salicílico, T3: peróxido de hidrógeno por un tiempo de 24 h, T4: agua caliente por 0.016 h. No se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación y tasa de germinación. En la germinación acumulada se observó que las semillas germinaron en corto tiempo por lo que la aplicación de fitohormonas mejora el tiempo de germinación de las semillas. 2) El objetivo fue obtener un sustrato y dosis de fertilización orgánica para la producción de *A. obesum.* Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, cuatro tratamientos y un testigo, mezclas de sustratos: Testigo: suelo, T1: aserrín + fibra de coco, T2: fibra de coco + aserrín + viruta, T3: fibra de coco + viruta, T4: bagazo de henequén + viruta + aserrín y fertilizantes orgánicos Testigo: agua, T1: biomatter, T2: ferticor, T3: guano de murciélago, T4: fertilizante químico (urea (46-0-0), fosfato monoamónico (12-61-0) y nitrato de potasio enriquecido con P (13-2-44). Las plantas crecidas en suelo pero con diferente fertilizante (fertilizante químico y ferticor) alcanzaron alturas de 29.3 cm a 31.1 cm, un tallo de 26.6 mm a 27.2 mm. En el análisis de concentración de nutrientes del sustrato se encontró nitrógeno, fósforo calcio y azufre en los tratamientos compuestos por la misma mezcla (bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 %) cada uno utilizando un diferente fertilizante (fertilizante químico y Ferticor). En el análisis de nutrientes foliar se presentó el nitrógeno, potasio, magnesio, calcio, azufre y zinc pertenecientes a los tratamientos suelo + agua, suelo + biomatter, suelo + ferticor y suelo + fertilizante químico.

Palabras clave: *Adenium obesum*, semillas, germinación, mezcla de sustratos, reguladores de crecimiento vegetal, concentración de nutrientes.

Sumary

The *Adenium obesum* belongs to the family Apocynacea presents a commercial value for its sculptural characteristic. This study was divided into two stages: 1) The objective was to obtain a pregerminative treatment to improve the time of germination in seeds of A. obesum. A completely randomized design was applied with four treatments and a control. Control: distilled water, T1: gibberellic acid, T2: salicylic acid, T3: hydrogen peroxide for a time of 24 h, T4: hot water for 0.016 h. There were no significant differences in germination percentage and germination rate. In the accumulated germination it was observed that the seeds germinated in a short time so the application of phytohormones improves the germination time of the seeds. 2) The objective was to obtain a substrate and dose of organic fertilization for the production of *A. obesum*. We used a randomized block design with factorial arrangement, four treatments and a control, mixtures of substrates: Control: soil, T1: sawdust + coconut fiber, T2: coconut fiber + sawdust + chip, T3: coconut fiber + chip, T4: bagasse of henequen + chip + sawdust and organic fertilizers Witness: water, T1: biomatter, T2: ferticor, T3: bat guano, T4: chemical fertilizer (urea (46-0-0), monoammonium phosphate (12 -61-0) and potassium nitrate enriched with P (13-2-44) Plants grown in soil but with different fertilizer (chemical fertilizer and ferticor) reached heights of 29.3 cm to 31.1 cm, a stem of 26.6 mm to 27.2 mm In the analysis of the nutrient concentration of the substrate, nitrogen, phosphorus calcium and sulfur were found in the treatments composed of the same mixture (bagasse of henequen 20% + chip 40% + sawdust 40%) each using a different fertilizer (chemical fertilizer and ferticor) In the nutrient analysis foliar presented the nitrogen, potassium, magnesium, calcium, sulfur and zinc belonging to the treatments soil + water, soil + biomatter, soil + ferticor and soil + chemical fertilizer.

Key words: *Adenium obesum*, seeds, germination, regulators of plant growth, mix of substrates, concentration of nutrients.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Introducción general

A nivel nacional durante el año 2011, la superficie destinada al cultivo de ornamentales fue de 18 mil 629 hectáreas. Entre los estados con mayor participación por el valor de la producción de estos cultivos destacan: el Estado de México, Puebla, Morelos, Distrito Federal ahora Ciudad de México, Baja California y Jalisco. Las plantas mas producidas son la rosa, gladiola, gerbera, ave del paraíso, clavel, statice y margarita (SAGARPA, 2013).

La rosa sigue constituyendo el principal producto ornamental en el país, pues su producción equivale al 24% del total de plantas ornamentales. Con 2 575 toneladas (de las 2 577 toneladas que se exportaron en total durante 2014). Estados Unidos es el principal destino de las rosas exportadas que en términos económicos equivalen a cerca de 6 millones de dólares, se produjo 1263.5 millones de rosas durante 2017. Las principales plantas cultivadas son (rosa, crisantemo, gerbera y gladiola, éstos cuatro cultivos son sembrados en una superficie estimada de cuatro mil 482 hectáreas a nivel nacional (SAGARPA, 2018).

En el estado de Yucatán se comercializa 26.3 millones de flores para diversas actividades produciendo en la entidad 3.4 millones, más del 85 % de ese consumo es cubierto por la producción de otros estados del país. En el estado el 90% de plantas se cultiva a campo abierto y el 10% en invernaderos (Plan Rector Yucatán, 2012).

De acuerdo a las características climáticas favorables del estado de Colima, se cultivan una gran variedad de plantas de ornato, entre los cuales destacan según su volumen de producción como: pata de elefante (*Beaucarnea recurvata*), palmas, crotos (*Codiaeum variegatum*), rosa del desierto *(Adenium obesum)*, ficus *(Ficus benjamina)*, entre otras (Plan Rector Colima, 2012). El *Adenium obesum*, es comúnmente conocido como "rosa del desierto", relativamente es una nueva planta de flor en la industria de plantas ornamentales (McBride *et al*., 2014). La rosa del desierto ha sido producida en macetas por poseer flores atractivas, tallos frondosos y raíces escultóricas lo cual la hacen poseer un alto valor estético ornamental (Dimmitt *et al*., 2009). La propagación de ésta especie puede ser por vía sexual, por esquejes, injertos e *"In vitro".* El tiempo de germinación de la semilla dura aproximadamente una semana (Dimmit 1998), es por ello que por su valor comercial los productores emplean métodos o técnicas para acelerar el tiempo de germinación. Por otra

parte el manejo del cultivo es indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo tanto proporcionar una adecuada nutrición permitirá obtener una planta vigorosa y de buen porte. Existe un amplio conocimiento de alternativas como insumos sintéticos y orgánicos; sin embargo, el uso indiscriminado de los agroquímicos está ocasionando daños en el ambiente, causando infertilidad suelo, erosión y creando resistencia de patógenos en las plantas. El objetivo de este trabajo es mejorar el tiempo en la germinación de *A. obesum* y obtener un sustrato y una dosis de fertilización orgánica para su cultivo.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Origen

El *Adenium obesum* conocido como "rosa del desierto" es originario de la Península Arábiga que incluye Yemén, Arabia Saudíta y Omán. Su área de distribución natural se extiende hacia el noreste y el éste de África. Sin embargo la planta se ha naturalizado en Sri Lanka, originalmente crece y se desarrolla en climas áridos y semiáridas, aun aunque con frecuencia se cultiva en un clima húmedo tropical o zonas semitropicales (Brown, 2012).

1.2.2. Clasificación

La rosa del desierto es de la familia Apocynaceae dentro de ella se encuentran plantas como la llamada, adelfa, plumeria, y el bígaro. Existen cinco especies de Adenium reconocidos por la Red de Información de Recursos de Germoplasma USD. Todas las especies botánicas son nativas de los climas áridos. La mayoría de las plantas de *A. obesum* son híbridos, sin embargo, sólo pocos nombres de los cultivares tienen una descripción válida (Brown, 2012). Comúnmente las especies más reconocidas son: *A. arabicum, A. multiflorum. A. obesum, A. somalense* y *A. swazicum* (Dimmit, 2009).

1.2.3. Características botánicas del *Adenium obesum*

1.2.4. Tronco, ramas y hojas

El tronco es un cáudice, un tipo de tallo basal de aspecto hinchado y extravagante, que generalmente está semienterrado, de él surgen unas pocas ramas más o menos retorcidas, marcadas por las muescas del follaje perdido. Solo se ven hojas en el extremo de las ramas;

son coriáceas, carnosas, de forma oval, con el haz verde y el envés blanquecino; pueden medir hasta 10 centímetros.

1.2.5. Flores

Las flores, de tres a cinco centímetros de diámetro, tienen forma tubular y se abren en cinco lóbulos, pueden ser rojas, fucsias, rosadas o casi blancas, en muchas ocasiones con degradados de color; la garganta es de color crema o amarillo pálido, con cinco estambres en el centro. La época de floración es el verano; en su medio natural se produce a lo largo de casi todo el año (Gonzáles, 2014). Las flores pueden presentarse con moderación durante gran parte del invierno, pero más profusamente de febrero a noviembre (Brown, 2012).

1.2.6. Frutos y semillas

Los frutos no se ven a menudo y por lo general están a cargo de dos en dos se asemejan a los cuernos de un buey. Son clasificados como folículos delgados midiendo hasta cuatro pulgadas de largo. Cuando maduran, se separan a lo largo para liberar las semillas (Brown, 2012). Las semillas son cilíndricas de color marrón con largas tobas peludas de oro-marrón sedoso. El número de semillas por fruto está relacionada a las mismas condiciones en el desarrollo del fruto. La longitud predominante de las semillas es entre 11.1-12.0 mm (Colombo *et al*., 2015).

1.2.7. Requerimiento de temperatura y condiciones de luminosidad

Según Henny y Chen (2013), la temperatura preferentemente de esta especie es de 23.89 °C– 35 °C en zonas calientes y tropicales. Por otro parte Dimmitt (1998), indicó que para una buena producción la temperatura debe estar en un rango de 30 °C a 35 °C con alta humedad. McBride *et al*., (2014), informaron que la mejor calidad y floración, de *A. obesum* “Red” y “Pink Ice” podría lograrse mediante la producción de una baja intensidad de luz con 1255 µmmol m^{-2} s^{-1}. El requerimiento de la luz es del sol brillante, no florecerá el *A. obesum* en condiciones de poca luz (Henny y Chen, 2013).

1.2.8. Latencia

Los Adeniums deben ser cultivados en contenedores en climas con heladas o inviernos fríos y húmedos. *A. obesum*, *A. swazicum*, y algunos de sus híbridos, pueden mantenerse activos mediante el mantenimiento de las temperaturas nocturnas por encima de 10 °C. La latencia es crítica para la supervivencia de una planta. No sólo el tiempo y la profundidad de latencia varían entre los taxones, pero las plantas individuales (incluso del mismo clon) varían con las condiciones culturales de año en año. La latencia a menudo se indica mediante un color amarillento y repentina caída de la mayoría o todas las hojas. Puede haber algo de desprendimiento de las hojas más viejas cerca del equinoccio de otoño, aparentemente en respuesta a días de acortamiento. Este evento no requiere menos riego si los tallos siguen creciendo y presentan hojas nuevas. La latencia varía de defoliación completa en plantas de *A. boehmianum* y *A. multiflorum* que restringe el crecimiento del tallo *A. somalense* y *A. arabicum* retienen las hojas si se riega con moderación. Algunos taxones durante la latencia, permanecen con o sin hojas *A. somalense* y *A. multiflorum*, respectivamente.

1.2.9. Formas de propagación del *Adenium obesum*

Existen cuatro vías por los cuales ésta especie es reproducida y es considerara como una planta de fácil cultivo. La primera vía es sexual: las semillas son cosechadas después de que los folículos maduran, posteriormente se quita la coma (mechón de pelos) en ambos extremos de cada semilla antes de la siembra (Dimmit, 1998). La segunda es por esqueje: ésta es tomado de la punta de la planta midiendo 6 pulgadas o más de largo para realizar el corte. Para iniciar nuevos esquejes se debe permitir generar el callo y después sumergirlo en fungicida antes de colocarlos en macetas (Brown, 2012). La tercera es por injerto: también es un método efectivo de propagación, y puede mejorar la forma de crecimiento. Plantas espigadas como clones típicos de *A. swazicum* se vuelven notablemente más resistente cuando se injerta en portainjertos más gruesos. El injerto es también útil para la combinación de una flor superior con un rizoma caudiciformes o para la colocación de varios tipos de flores en una sola planta (Dimmit, 1998). La cuarta es por micropropagación lo cual no existe suficiente investigación realizada en *Adenium* sin embargo es considerada como una alternativa viable (Kanchanapoom *et al.*, 2010). En ésta técnica se utiliza explantes de hojas jóvenes para ser sembrados en un medio de cultivo (Talukdar, 2012). La reproducción *In vitro* es vista como una forma de conservación, considerando un bajo

índice en la producción de semillas y en el potencial de germinación de estas especies (Carvalho, 2004). Se recomienda la siembra de las semillas, ya que éstas permiten desarrollar en la planta una raíz principal y un engrosamiento del tallo de buen porte. Por otro lado el realizar la siembra por esquejes se corre el riesgo de no tener un tallo y raíces escultóricas bien desarrolladas de esta manera no son bien aceptados en el mercado ornamental (Kanchanapoom *et al*., 2010).

1.2.10. Germinación

El proceso de germinación consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento. La germinación no ocurre sino hasta que las condiciones sean las correctas. Los factores principales son agua, oxígeno, temperatura y luz. (Bidwell, 1993). La caracterización del proceso de germinación de *A .obesum* ocurre en cuatro fases a): protrusión de la raíz primaria, b) elongación de la raíz primaria, c) emisión del sistema radicular y d) exposición de hojas cotiledonares. Por otra parte en su evaluación de curvas de absorción de agua obtuvo como resultado que las semillas embebidas por un tiempo de 5 horas tuvieron un efecto significativo en la germinación. Las semillas mostraron respuesta a las 96 horas después de ser embebidas a una temperatura de 25 °C. Dimmit (1998), indicó que las semillas del *A. obesum* germinan en aproximadamente una semana a una temperatura de 30 °C, sin ser embebidas (Colombo *et al*., 2015).

1.2.11. Métodos de control en la germinación

En las semillas de la mayoría de las plantas existen métodos de control de la germinación. Se cree que estos mecanismos de control se han originado como una respuesta a la supervivencia (Hartmann *et al*., 1990). Después de la maduración **y** la caída de los frutos, la semilla generalmente entra en letargo por un tiempo más o menos largo. Esto quiere decir que aunque se la humedezca **y** se le den condiciones que favorecen la germinación, ésta no ocurre. El letargo se debe a la formación en la semilla de inhibidores químicos, a la carencia de las sustancias estimulantes necesarias (que más tarde suministrarán el embrión) o la resistencia mecánica de la testa de la semilla a la entrada del agua **y** del oxígeno. El letargo se rompe luego de que la semilla se sujeta a varias condiciones ambientales que pueden incluir un prolongado período de frío intenso, exposición prolongada a condiciones de fresco, condiciones de humedad en presencia de oxígeno (estratificación), calor intenso

(incluso fuego), paso a través del intestino de aves o mamíferos, abrasión física (escarificación) o ataque por hongos. Todos estos requerimientos aseguran que la semilla sobreviva a través de subsiguientes períodos en condiciones bajo las cuales no podría crecer la plántula **y** aseguran que no germine hasta que halle buenas condiciones para el crecimiento (Bidwell, 1993).

Hartmann *et al*., (1990), describen otras técnicas como el remojo y escarificación con ácido. El remojo en agua consiste en colocar las semillas en agua a temperaturas entre 77 ºC a 100 ºC, retirar del fuego y dejar enfriar gradualmente durante un periodo de 12 a 24 horas. Con este tratamiento se logran modificar las cubiertas duras, remover las sustancias inhibidoras, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación. La escarificación con ácido consiste en colocar las semillas secas en un recipiente de vidrio o de barro y cubrirlas con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos partes de ácido, el tratamiento puede durar desde 10 minutos hasta seis o más horas y depende del tipo de semilla. Finalmente se escurre el ácido y las semillas se lavan con agua abundante.

1.2.12. Aplicación de fitohormonas en la germinación

El desarrollo de las plantas está afectado por un gran número de sustancias orgánicas, como los reguladores de crecimiento vegetal (fitohormonas) pueden ser definidas como un grupo de sustancias orgánicas, sintetizadas por las plantas, que tienen la capacidad de afectar a los procesos fisiológicos en concentraciones mucho más bajas que los nutrientes o las vitaminas (< 1mM, frecuentemente < 1 μM). El control de la respuesta hormonal se lleva a cabo a través de cambios en la concentración y la sensibilidad de los tejidos a las hormonas (Azcón *et al*., 2008). Las fitohormonas o reguladores de crecimiento vegetal más conocidas son: Auxinas (AA), Giberelinas (AG_S), Ácido absícico (ABA) Citocininas y Etileno. También existen otros como el Ácido Salicílico (SA), Ácido Jasmónico, y brasionesteroides (Bidwell, 1993). Algunos reguladores de crecimiento vegetal influyen en la germinación. Se conocen más de 125 giberelinas diferentes, siendo los más comunes: GA_1, GA_3, GA_4, GA_7 y GA_9. Los efectos que causan las giberelinas son observados en la estimulación del crecimiento del tallo, la inducción del desarrollo del fruto y la germinación de las semillas. La elongación del tallo, en general, es una respuesta comun, incluso espectacular, en las plantas que crecen en (roseta) y en algunas variedades que muestran enanismo genético (Azcón *et al*., 2008). El AG_3 puede romper la latencia de las semillas y

reemplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura (Araya *et al*., 2000). El ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento que aplicado en diferentes formas se ha demostrado que afecta varios procesos fisiológicos tales como en la estimulación de la oxidación mitocondrial (Raskin, 1992). El ácido salicílico es un eficaz agente alelopático, por ejemplo, en *Quercus falcata* un derivado de éste compuesto, es el ácido acetilsalicílico, ampliamente utilizado en medicina como analgésico. También responden ante señales ambientales, actuando como inductor de diferentes tipos de estrés, tales como las altas temperaturas, la sequía, el estrés oxidativo, la deficiencia de nutrientes, la infección por patógenos, el daño mecánico y el exceso de sombra (Azcón *et al*., 2008).

1.2.13. Efecto del peróxido de hidrógeno en la germinación

Además de la efectiva capacidad de esterilización en semillas forestales el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) ha demostrado que incrementa la germinación en algunas semillas de pino, porque ablanda su testa y aumenta la permeabilidad del agua y oxígeno (Barnett, 1998), facilitando a nivel celular la oxidación de grasas y su conversión a carbohidratos lo que promueve la activación de enzimas y reacciones sintéticas esenciales para movilización de componentes celulares involucrados en el crecimiento de la raíz (Ching,1959)

1.2.14. Sustratos en el cultivo de *Adenium obesum*

En horticultura los medios de crecimiento o sustratos usados en la obtención de plantas, es todo material sólido distinto al suelo, con características naturales, minerales y orgánicas que colocado en un recipiente, en forma pura o mezclada (Fonséca, 2001), tienen la función de permitir la fijación del sistema radical, suministrar aire, agua y nutrientes para el apropiado desarrollo de la planta (Pire *et al*., 2003). Para la producción de plantas de *Adenium* Gonzáles (2014), menciono que el sustrato adecuado para la planta debe ser arenoso o pedregoso, bien drenado y fértil, pH neutro o alcalino. Por otra parte Dimmit (1998), mencionó que las plantas de *Adenium* se desempeñan bien en los medios de sustratos que van de 4: 1 piedra pómez: humus a puro sol Mix # 1 (que es en su mayoría de musgo de turba) y a valores de pH 5.5 a 8, sin embargo cada productor debe experimentar en otros medios de sustratos que funcionen para su planta.

Existen una gama de sustratos o mezclas orgánicas e inorgánicas para medio de un cultivo que aún no han sido objeto de estudio como el aserrín y la viruta de madera son sustratos

menos utilizados en México, dado el desconocimiento que se tiene de la procedencia del material. Los aserrines tienen una gran capacidad de humedecimiento por su partícula fina. Entre los aserrines probados con buen éxito se reportaron: Pino, Eucalipto, Teca y Poro (Mora, 1999). Son partículas finas (aserrín < 6 mm), medias o gruesa (virutas >6mm) de madera, que se obtienen de la industria forestal durante el aserrío y trabajo de la madera. La calidad del aserrín depende del tipo de madera y de los aditivos (conservadores) que hayan sido o no añadidos El aserrín y la viruta se descomponen muy lentamente debido al elevado contenido de ligninas y compuestos lignocelulósicos, lo cual permite su reutilización (Patrón *et al*., 2010). La fibra de coco se obtiene del mesocarpio fibroso del fruto, estructuralmente es una de las fibras más duras y en comparación con otras es más corta, el diámetro medio de las fibras es de aproximadamente 1mm. La gran utilidad de ésta radica en su capacidad para estirarse, además, su flotabilidad y resistencia a la acción de las bacterias y al agua salina, que la hacen una fibra única (Rufo *et al*., 2008). El Bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) es un subproducto de gran impacto conocido como "sisal", el cual es depositado al aire libre por algún tiempo y posteriormente es incorporado al suelo agrícola como un mejorador (Borges, 1998). El suelo de acuerdo con el glosario de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (1984), es un material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales (material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado período. En Yucatán, los suelos más utilizados para los cultivos son los conocidos como Chac-lu'um (*Cambisol*) y K'ankab (*Luvisol ródico*). Estos suelos son generalmente ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, aún cuando los elementos no se encuentren en sus formas químicas disponibles para la planta (Borges, 1998).

1.2.15. Requerimientos nutricionales en el cultivo de *Adenium obesum*

La adecuada nutrición de un cultivo está influenciada por el conocimiento de los requerimientos de la planta y por la cantidad e intensidad de nutrimentos del suelo en donde se tiene el cultivo. Cuando el suelo no puede suplir adecuadamente los nutrimentos para un normal desarrollo de las plantas, se hace necesario su adición en las cantidades y formas apropiadas (Meléndez *et al*., 2002). En el cultivo de *A. obesum* se utilizan generalmente fertilizantes sintéticos. Dimmit, (1998), menciono que la planta requiere un alto contenido de nitrógeno, para un crecimiento y floración abundante. En otras investigaciones se

observó que para obtener plantas de mejor calidad visual, un buen crecimiento y desarrollo, la tasa de fertilización es de 0.36 g o 0.72 g de nitrógeno por litro en la maceta. (McBride *et al*., 2014). También se encuentran el uso de fertilizantes granulares de liberación lenta con un alto contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, los fertilizantes líquidos son aplicados semanalmente por irrigación en el crecimiento de la planta, es una técnica usada por muchos agricultores para una estimulación en el crecimiento vegetativo y un aumento en la floración (Brown, 2012).

Colombo *et al*., (2016), evaluaron el crecimiento y la aportación de nutrientes en diferentes mezclas de sustratos, obtuvo los mejores resultados en la mezcla de sustrato arena + amafibra® 47 fibra de coco y vermiculita + amafibra® 47 fibra de coco observaron una tasa de crecimiento mejor que las otras plantas así como también una mejor concentración de nutrientes como manganeso (Mn) el cual fue absorbido durante el crecimiento de las plantas, sin embargo, no puede ser afirmado que éste elemento tuvo un efecto directo sobre la absorción de los otros micronutrientes. Con pH de 4.05 y 4.50 y una conductividad eléctrica de 0.75 y 0.71 mS cm^{-1}. Los sustratos antes mencionados también obtuvieron valores altos en el crecimiento del tallo por lo tanto es recomendado para cultivar esta especie. Las propiedades químicas el pH y la conductividad eléctrica (CE) del material o de la mezcla son extremadamente importantes. El pH de la solución en las macetas es enlazado a la disponibilidad de los nutrientes a la planta. El pH recomendado de los sustratos en macetas con predominancia de materia orgánica es entre 5.0 y 5.8 (Kämpf, 2000 b). El uso de fuentes orgánicas es una alternativa que ayudan en la conservación del ambiente, evita de esta manera el uso de insumos sintéticos en el cultivo, de esta forma el suelo es la base para los cultivos y la vida, por lo que el mejoramiento de la fertilidad de los suelos con abonos orgánicos y el control adecuado de plagas y enfermedades es muy importante (Ramón, 2007). El uso de biofertilizantes, también conocidos como bioinoculantes, inoculantes microbianos o inoculantes del suelo, son productos agrobiotecnológicos que contienen microorganismos vivos o latentes (bacterias u hongos, solos o combinados) y que son agregados a los cultivos agrícolas para estimular su crecimiento y productividad (Aguado, 2012).

1.3. Hipótesis

Las semillas de *A. obesum* acondicionadas con Ácido giberélico (250 ppm) mejoran su germinación.

El sustrato compuesto con fibra de coco, aserrín y viruta con una proporción de (1:2:2) y el fertilizante orgánico con 8 % de Nitrógeno, 24 % de Fósforo y 4 % de Potasio mejoran el crecimiento y estimulan la precocidad en plantas de *A. obesum*.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar la germinación de *Adenium obesum* y obtener un sustrato para su cultivo con nutrición orgánica.

1.4.2. Objetivos específicos

Obtener un tratamiento pregerminativo para mejorar la germinación en semillas de *A. obesum.*

Obtener un sustrato y dosis de fertilización orgánica para la producción de *A. obesum.*

1.5. Procedimiento experimental

Etapa I. Se empleó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos pregerminativos (agua destilada, ácido giberélico, ácido salicílico, agua caliente y peróxido de hidrógeno) con cuatro repeticiones. Se evaluó el Porcentaje de Germinación, Tasa de Germinación y Germinación Acumulada. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias Tukey, $\alpha = 0.05$ mediante el programa SAS, V9 2014. Al final del experimento las plántulas fueron trasladadas en el invernadero posteriormente se trasplantaron en macetas de cuatro pulgadas como medio de acondicionamiento, al término de éste período se inició la etapa II. Cuando las plántulas alcanzaron una altura media de 5 cm se trasplantó en macetas de seis pulgadas. Se estableció un diseño bloques al azar con arreglo factorial. Las variables agronómicas evaluadas fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas, área foliar (cm^2), volúmen de raíz (cm^3) y biomasa (g), entre las variables fisiológicas, se midió unidades SPAD con el equipo portátil Minolta SPAD – 502,

para evaluar la eficiencia del cultivo se empleó la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC). Se realizó el análisis de macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y micronutrientes azufre, sodio, manganeso, hierro, zinc y cobre, en hojas y sustrato mediante el equipo espectrofotómetro de absorción atómica en el laboratorio de Agua- Suelo- Planta, perteneciente al Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, V9, 2004) y se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey (α= 0.05).

1.6.- Literatura citada

Aguado S. C. 2012. Impacto económico y ambiental del empleo de fertilizantes químicos. In: Aguado-Santacruz, G.A. (ed). Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. INIFAP/SAGARPA. México, p. 53.

Araya, E., Gómez, L., Hidalgo, N., Valverde, R. 2000. Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación In vitro de Jaul (*Almus Acuminata*). Agronomía Costarricense. (24): 75-80.

Azcon-Bieto, J. y Talón, M., 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Editorial McGraw – Hill Interamericana de España. 445-458 p.

Bidwell, R. G. S. 1993. Fisiología vegetal. A.G.T Editor, S.A. México. DF. p 784 .

Borges, G. L. 1998. Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. Rev. Academia Mexicana de Ciencias 49: 21-26.

Brown, S. H. 2012. *Adenium obesum.* University of Florida, IFAS Extension. Lee County. 1-8.

Carvalho, A.C.P.P.; Tombolato, A.F.C. 2004. Desempenho de mudas micropropagadas. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, Campinas. (10):20-23.

Colombo, C. R. *et al*., 2015. Biometric description of fruits and seeds, germination and imbibition pattern of desert rose *Adenium obesum* (Forssk.), Roem. & Schult. Journal of Seed Science. (37): 206-213.

Colombo, R. 2016. Potting media, growth and build-up of nutrients in container-grown desert rose. Australian journal of crop science. (10): 258-263.

Ching, T. M. 1959. Activation of germination in Douglas Fir seed by hydrogen peroxide. Plant physiology. (34): 557 – 563.

Dimmitt, M. G. 1998. Adenium culture, growing large specimens, quickly. Cactus and Succulent J. (20):59–64.

Dimmitt, M. G., Joseph, G., Palzkil, D. 2009. *Adenium*: Sculptural elegance, floral extravagance. Scathingly Brilliant Idea, Tucson, AZ. 23 p.

Fonséca, T. 2001. Produção de mudas de hortalicas em substratos de diferentes composições côn adição de CO_2 na água de irrigção. Título de Mestre em Agronomia. Posgrado em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queioz. Piracicaba. Universidad de São Pulo. Brasil.72 p.

González, S. S. 2014.Vida es Verde. Rosa del desierto. Asociación Española de Centros de Jardinería (AECJ): 42-63 p.

Hartmann T., Hudson, Dale E. Kester y Fred T. Davies, J. R.1990. Plant Propagation: Principles and Practices. Fifth edition. Regents/Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. USA. 647 p.

Henny, R. J., Chen, J. Florida Foliage House Plant Care: *Adenium obesum*. 2013. ENH1213. Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1-2.

Kämpf, A. N. 2000b. Seleção de materiais para uso como substrato. In: Kämpf, A. N., Fermino MH (ed) Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes, 1st edn. Gênesis, Porto Alegre.

Kanchanapoon, K.; Sunheem, S.; Kanchanapoon, K. 2010. *In vitro* propagation of *Adenium obesum* (Forsk) Roem Schult. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. (38): 209 203.

McBride, K., Henny, R. J., Chen,J., Mellich,T. A. 2014. Effect of light intensity and nutritional level on growth and flowering of Adenium obesum‘Red’ and Ice Pink’. HortScience. (49): 430–433.

McBride, K., Henny, R. J., Mellich, T. A., Chen, J., 2014. Mineral Nutrition of *Adenium obesum*‘Red’. Hortscience. (49): 1518–1522.

Mora, L. 1999. Sustratos para cultivos sin suelo ó hidroponía. INDAGRO, San Jose, Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelo. 95 p.

Patrón, I., Pineda, P., 2010. Sustratos Orgánicos: Elaboración, Manejo y Principales Usos. Primer Curso Nacional de Sustratos. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 28 p.

Pire, R., Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro. (15): 143 – 154.

Rodríguez, O. W., Orellana, G. R. 2008. Utilización de algas marinas como componente de sustratos para la producción de plántulas de acelga y lechuga. Agricultura Orgánica. 1-2.

Plan Rector Comité Sistema Producto Ornamentales Colima. 2012. http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20ORNAMENTALES%20COLIMA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_ORNAMENTALES_COLIMA_2012.pdf. (Consulta: septiembre 2016).

Plan Rector del Sistema Producto Ornamental. 2012. Estado de Yucatán. http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/ept%20comite%20sistema%20producto%20ornamentales%20edo%20de%20mex/plan%20rector%20que%20contiene%20programa%20de%20trabajo%202012/pr_ornamentales_edo_mex_2012.pdf. (Consulta: septiembre 2016).

Ramón, V. 2007. El Control Orgánico de Plagas y Enfermedades de los Cultivos y la Fertilización Natural del Suelo. Guía práctica para los campesinos en el bosque seco. Naturaleza y cultura internacional. 35 p.

Raskin, I. 1992. Role of salicilic Acid en Plants. Annual rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. (43): 439-463.

Rufo, A. K., Blanco, I. A., Taquechel, A. 2008. Fibra de coco. Una alternativa ecológica como sustrato agrícola. Centro de Desarrollo de la Montaña. Limonar de Monte Ruz. El Salvador. Guantánamo. Cuba. 1-2.

Talukdar, T. (2012). *In vitro* regenaration of an endangered ornamental plant impala Lily (*Adenium multiflorum Klotzsch*). Indian Journal of Fundamental and Applied Life Science, Rajasthan (2): 42-50.

Meléndez y Molina. 2002. Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Fertilización Foliar de Plantas Ornamentales Universidad de Costa Rica. Centro de investigaciones agronómicas. Laboratorio de suelos y foliares. 67 p.

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación) 2013. El valor de la producción de ornamentales en México fue más de cinco mil millones de pesos en 2011. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, DF. Boletín 5/13. http://www.siap.gob.mx/produccion-ornamental-mexico/. (Consulta: agosto 2016).

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación 2017. Comunicado de prensa. Coordinación general de comunicación Social, DF. http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/bajacaliforniasur/boletines/2017/mayo/Documents/2017BS168.PDF (Consulta: mayo 2018).

CAPITULO II. ACONDICIONAMIENTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Adenium obesum*

ACONDICIONAMIENTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Adenium obesum*

Rosa Isabel Santos-Dzul, Eduardo Villanueva-Couoh, Luis Leonardo Pinzón-López, Jairo Cristóbal-Alejo

[1]Instituto Tecnológico Conkal (ITC) Km 16.3, Antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yuc., México.

2.1. Resumen

El *Adenium obesum* o también conocido como la "rosa del desierto" es una planta ornamental que presenta características atractivas en la diversidad de color en sus flores, un exuberante tallo y raíces escultóricas. La reproducción por semillas es una ventaja, ya que permite el buen desarrollo de la raíz principal así como el grosor del tallo, representando un alto valor comercial en el mercado. Sin embargo el tiempo de germinación es largo, por lo que se busca mejorar. Se utilizó un diseño completamente al azar con un testigo y cuatro tratamientos. testigo: agua destilada, T1: ácido giberélico (250 ppm) h, T2: ácido salicílico (10^{-8} M), T3: peróxido de hidrógeno (3 % v/v) por un tiempo de 24 h, con excepción del T4: agua caliente a 60 ° C por 0.016 h. Los datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico Statical Analysis System (SAS V9, 2004) y las medias se compararon con la prueba Tukey (α= 0.05). No se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación, y tasa de germinación. En cuanto a la germinación acumulada presentó diferencias en el tiempo de germinación por lo que se podría decir que la aplicación de los reguladores de crecimiento vegetal adelanta el tiempo de germinación de las semillas.

Palabras clave: germinación, semillas, reguladores de crecimiento vegetal, imbibición.

2.1.2. *Abstrac*

Adenium obesum or also known as the "desert rose" is an ornamental plant that has attractive features in the diversity of color in its flowers, an exuberant stem and sculptural roots. The reproduction by seeds is an advantage, since it allows the good development of the main root as well as the thickness of the stem, representing a high commercial value in the market. However, the germination time is long, so it seeks to improve. A completely randomized design with one control and four treatments was used. Control: Distilled water, T1: gibberellic acid (250 ppm) h, T2: salicylic acid (10 -8 M), T3: Hydrogen peroxide (3% v / v) for a time of 24 h, except for T4: Hot water at 60 ° C for 0.01 h. The data obtained were analyzed using the statistical package Statical Analysis System (SAS V9, 2004) and the means were compared with the Tukey test (α = 0.05). There were no significant differences in Germination Percentage, Cumulative Germination and Germination Rate. However, it was observed that the application of the plant growth regulators advances the germination time of the seeds

Keywords: germination, seeds, plant growth regulators, imbibition.

2.2. Introducción

El *Adenium obesum*, es una planta ornamental, también conocida como “rosa del desierto”. Las formas rápidas y sencillas de propagar esta especie son por esquejes e injertos, sin embargo reproducirla de esta manera pierde su valor en el mercado ornamental, la planta no desarrolla un exuberante tallo y raíces escultóricas. Otra opción de reproducir esta especie es por medio de semillas que comparado con los esquejes, éstas si desarrollan un gran tallo y una raíz principal que le brindan el valor ornamental deseado en el mercado. Sin embargo el tiempo de germinación es larga desde el punto de vista comercial es por ello que para mejorar el tiempo de germinación, se evalúan diferentes técnicas como: escarificación mecánica, estratificación, por remojo, con ácidos y la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal, como el (ácido giberélico) y ácido salicílico. El peróxido de hidrógeno aunque no es un regulador de crecimiento vegetal es empleado para germinar semillas o como escarificador debido a sus componentes moleculares. En el presente trabajo se planteó como objetivo obtener un tratamiento pregerminativo para mejorar el tiempo en la germinación en semillas de *A. obesum.*

2.3. Materiales y métodos

2.3.1. Área de estudio

El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Conkal, ubicado en el km 16.3 de la carretera antigua Mérida-Motul en Conkal, Yucatán, sus coordenadas geográficas son: 19° 20’ latitud Norte y 20° 37’ longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con altitud de 10 m (García, 1988). El municipio es prácticamente plano, formado por llanuras de barrera con piso rocoso, s una región con suelos principalmente calcáreos. El clima predominante Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias regulares en verano (mayo - julio). Tiene una temperatura media anual de 26.6º C. La composición del suelo corresponde al tipo Litosol en las regiones norte y noroeste y Rendzina en la parte central, sur y este (INAFED, 2015). Checar este párrafo hay varios tamaños y tipos de letra

2.3.2. Procedimiento experimental

Se evaluaron cinco tratamientos pregerminativos en semillas de *A. obesum* con sus respectivos tiempos de inmersión (Cuadro 1.1). Dentro de los cuales se encuentran dos reguladores de crecimiento vegetal y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar;

El experimento se realizó en el Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, donde se prepararon las soluciones de acuerdo a las concentraciones de los tratamientos antes mencionados (Cuadro 2.1), finalmente la solución fue vaciada a frascos oscuros y

Tratamientos	Tiempo de Inmersión (h)
Agua destilada (Testigo)	24
Ácido Giberélico (250 ppm)	24
Ácido Salicílico (10^{-8} M)	24
Agua caliente (60 °C)	0.016
Peróxido de Hidrógeno (3 % v/v)	24

etiquetados con respecto a los tratamientos.

Cuadro 2.1 Tratamientos pregerminativos para la imbibición de semillas de *A. obesum* *EL TITULO DEL CUADRO VA ARRIBA, EN LA PARTE SUPERIOR DEL CUADRO*

Las charolas fueron previamente etiquetadas acorde a los tratamientos, se colocó dos capas de sanitas y se depositó 25 semillas por tratamiento y repetición. Después se vació una cantidad de 280 mL de la solución a cada tratamiento, sumergiéndolos por un tiempo de 24 h, estos tratamientos fueron: agua destilada, ácido giberélico, ácido salicílico y peróxido de hidrógeno. Las semillas que corresponde al tratamiento de agua caliente fueron sumergidas a una temperatura de 60° C por un minuto (0.016 h) en el equipo ISOTEMP 210, posteriormente se colocaron en las charolas. Después de haber terminado el tiempo de inmersión de las semillas se continuó con la siembra. Para ello las charolas fueron llevadas al invernadero de aclimatación donde se realizó lo siguiente:

Para la siembra se utilizaron sustratos comerciales como peat moss y agrolita los cuales se mezclaron en una relación 1:1.

Se utilizaron macetas de plástico de dos pulgadas, las cuales se llenaron hasta el borde con el sustrato previamente humedecido. Las semillas fueron colocadas de manera horizontal sobre el sustrato realizando una pequeña abertura en él y posteriormente se cubrió. Las semillas son largas, por lo cual se sembraron a una profundidad de acuerdo a su diámetro.

2.3.3. Variables evaluadas

Porcentaje de germinación calculado con la siguiente fórmula:

Germinación (%)= ((Número $de\ semillas\ germinadas$) / ($Tamaño\ de\ la\ muestra$)) $*$ 100 (Saldívar-Iglesias, 2010). Los porcentajes de germinación fueron transformados con la fórmula arcoseno para el análisis de datos.

La germinación acumulada se representa como la capacidad del total de germinación por días (Rodríguez *et al*., 2015) y la Tasa de germinación es expresado como el número de semillas germinadas por día (Maguire, 1962). Mediante la siguiente fórmula:

TG= G1/N1+ G2/N2+…Gi/Ni+…+Gn/Nn= $\sum_{i=1}^{n} \frac{Gi}{Ni}$

2.3.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, V9, 2004) y se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey (α= 0.05).

2.4. Resultados y discusiones

Las temperaturas más utilizadas para germinación de semillas oscilan entre 10 y 35 ºC. (Rodríguez *et al*., 2015). Los datos registrados durante el periodo de germinación de *A. obesum* presentaron una variación, debido al lugar y tiempo de siembra por lo cual se registraron datos entre 26 y 27 °C los cuales estuvieron dentro del rango de temperatura recomendada entre (Figura 2.1).

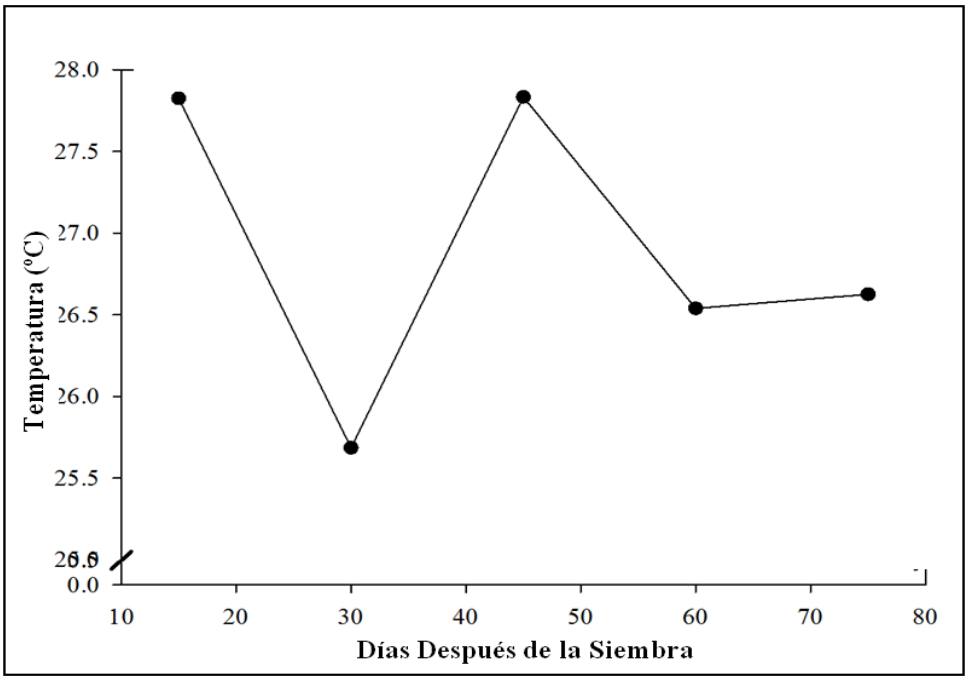

Figura 2.1. Temperatura registrada durante el período de germinación en semillas de *A. obesum*.

En este trabajo se observó que el acondicionamiento de semillas con ácido giberélico (AG_3) con un 88 % obtuvo datos similares con lo reportado por Lemos *et al*., (2015) donde se alcanzaron un 80 % de germinación cuando se usaron medios MS con diferentes concentraciones de AG_3. Además que el ácido giberélico es una fitohormona promotora y estimuladora que interviene en el proceso de germinación. En cuanto a las semillas sumergidas en agua destilada se obtuvo un 82 % lo cual fue más bajo de lo mencionado por Colombo *et al.* (2015) donde obtuvieron un 90 % en la germinación. Las semillas embibidas con los tratamientos ácido salicílico, agua caliente y peróxido de hidrógeno obtuvieron porcentajes bajos, esto podría deberse a las concentraciones y temperaturas no favorables (Figura 2.2).

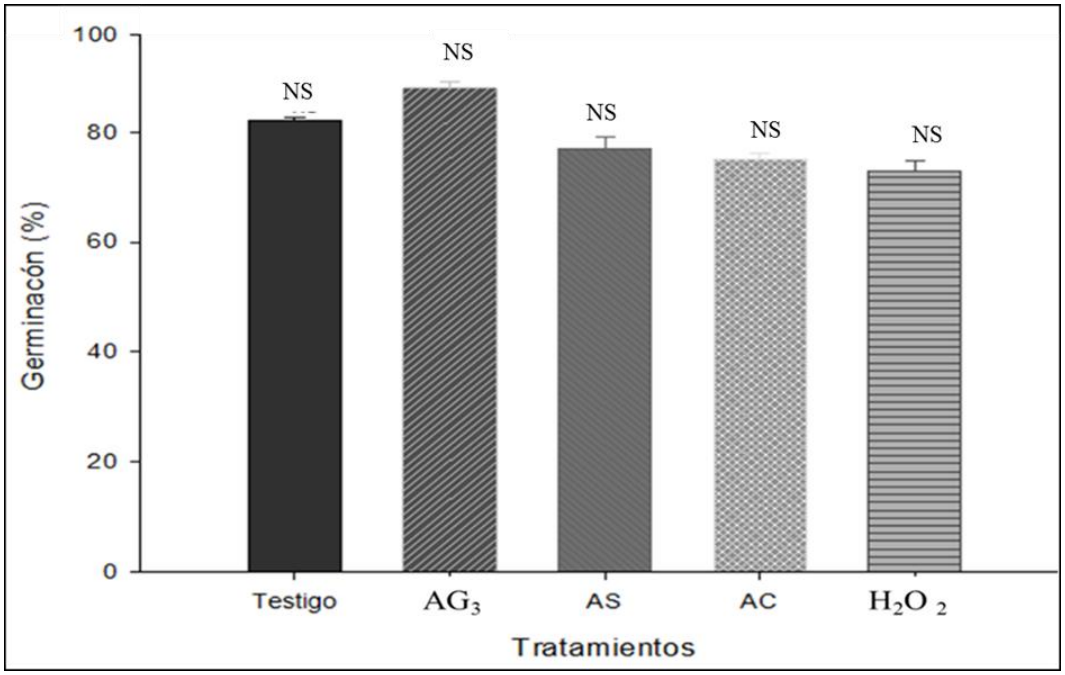

Figura 2.2. Germinación (%) de semillas de *Adenium obesum* en cinco tratamientos pregerminativos. Testigo: agua destilada, AG_3: ácido giberélico, AS: ácido salicílico, AC: agua caliente, H_2O_2: peróxido de hidrógeno. Barras con la misma letra entre columnas son iguales (Tukey, α= 0.05).

En cuanto a la germinación acumulada (Figura 2.3) se encontró que la capacidad de germinación máxima de las semillas fue con el tratamiento ácido giberélico (AG_3) a los siete días, similar con los tratamientos con ácido salicílico y agua caliente. También puede notarse que las semillas iniciaron su germinación a los dos días después de la siembra (DDS) con respecto a los días de germinación. Estos resultados son diferentes a los reportados por Colombo *et al*. (2015), donde las semillas germinadas en agua iniciaron a las 96 horas. Asimismo Lemos *et al*. (2016), evaluaron la germinación "*In vitro*" de semillas de variedades de *Adenium* y reportaron que al inocular con agua + agar las semillas germinaron al cuarto día. Dimmit (1998), observó que semillas de *Adenium* normalmente tardan en germinar siete días sin ser embebidos.

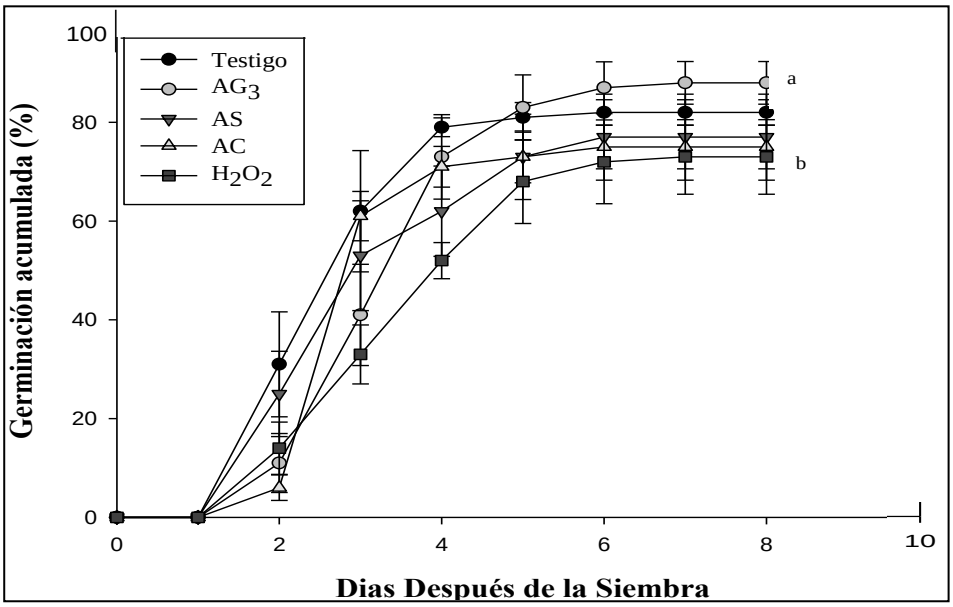

Figura 2.3. Germinación acumulada de semillas de *Adenium obesum* en cinco tratamientos pregerminativos. Testigo: agua destilada, AG3: ácido giberélico, AS: ácido salicílico, AC: agua caliente H_2O,: peróxido de hidrógeno H_2O_2 (Tukey, α=0.05). Barras con letra distinta representa diferencia estadística.

En la Tasa de germinación no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos) (Figura 2.4).

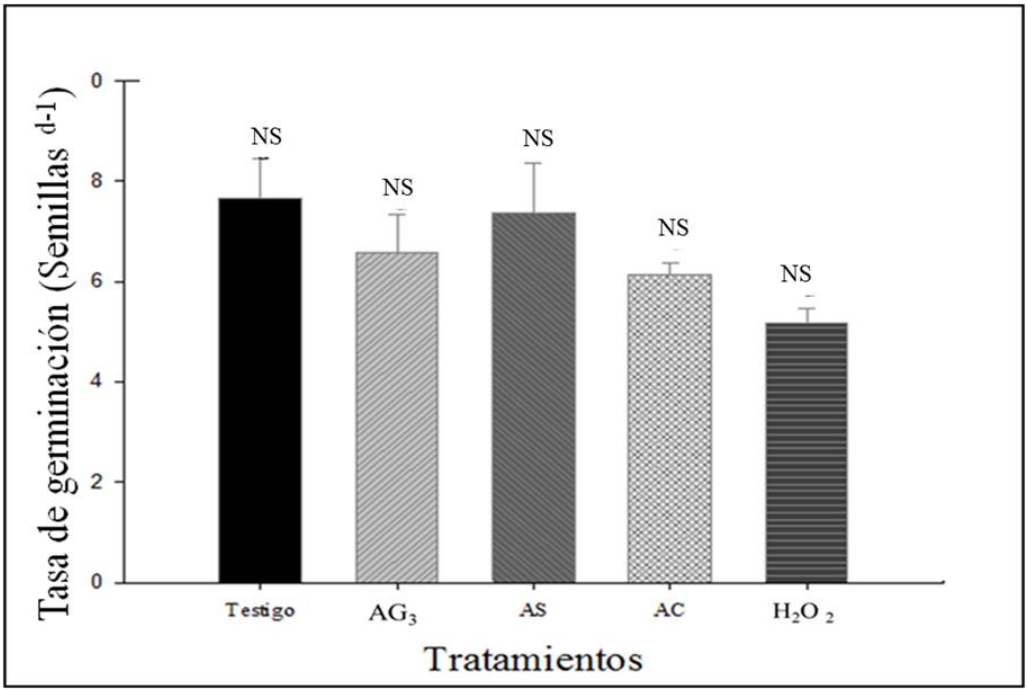

Figura 2.4 Tasa de germinación en cinco tratamientos pregerminativos. Testigo: agua destilada, AG_3: ácido giberélico, AS: ácido salicílico, AC: agua caliente, H_2O_2: peróxido de hidrógeno. Barras con la misma letra entre columnas son iguales (Tukey, α=0.05).

2.5. Conclusiones

En el porcentaje de germinación no se presentó diferencias significativas entre los tratamientos, así como en la evaluación de la tassa de germinación, en cuanto a la germinación acumulada, la máxima capacidad de germinación fue del 88 % con el ácido giberelico (AG_3) teniendo una similitud con el testigo. Sin embargo el tiempo de germinación de las semillas fue a los dos días después de la siembra presentándose en todos los tratamientos aplicados, el testigo presentó un porcentaje de germinación acumulada dentro de ese lapso de tiempo de 31 % seguido del ácido salicílico con 28 %. Por lo cual los

medios de acondicionamiento pregerminativos aplicados a las semillas adelantaron el tiempo de germinación.

2.6. Literatura citada

Colombo R. C. 2015. Biometric description of fruits and seeds, germination and imbibition pattern of desert rose [*Adenium obesum* (Forssk.), Roem. & Schult.]. Journal of Seed Science. (37): 206-213.

Dimmitt, M. G. 1998. *Adenium* culture, growing large specimens, quickly. Cactus and Succulent. (20): 59–64.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de köepen. 4ª. Ed. Universidad Nacional de México. México, D.F. 217 p.

INAFED. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2015. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Estado de Yucatán. http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM31yucatan/municipios/31013a.html. (Consulta: mayo 2018).

Lemos V., T. 2015. *In vitro* germination of desert rose varieties Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Ciencias Biológicas, Tangará da Serra-MT, Brazil. (21): 227-234.

Maguire, J.D. 1962 speed of germination-aid selection and evaluation for seedddling emergence and vigor. Crop Science. (2): 176-7.

Rodríguez, I. 2015. Ensayo de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 2-8 p.

Saldívar-Iglesias, P. et al., 2010. Ácido Giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) J. L. Gentry. Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. (21): 327-331.

CAPITULO III. EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTAS DE *Adenium obesum*

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS CON NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTAS DE *Adenium obesum*

Rosa Isabel Santos-Dzul, Eduardo Villanueva-Couóh, Luis Leonardo Pinzón-López, Jairo Cristóbal-Alejo

[1]Instituto Tecnológico Conkal (ITC) Km 16.3, Antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yuc., México.

3.1. Resumen

La rosa del desierto es una planta suculenta de fácil cultivo. Comercialmente se produce de manera convencional con el uso excesivo de agroquímicos. En éste estudio el objetivo fue obtener un sustrato y dosis de fertilización orgánica para la producción de *A. obesum.* La metodología fue un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, un testigo y cuatro tratamientos. Mezclas de sustratos: T0: suelo (testigo), T1: aserrín 80 % + fibra de coco 20 %, T2: fibra de coco 20 % + aserrín 40 % + viruta 40 %, T3: fibra de coco 20 % + viruta 80 %, T4: bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % y fertilizantes orgánicos: T0: agua (testigo), T1: biomatter, T2: ferticor, T3: guano de murciélago, T4: fertilizante químico (urea (46-0-0), fosfato monoamónico (12-61-0) y nitrato de potasio enriquecido con P (13-2-44). Las plantas crecidas en suelo pero con diferente aplicación de fertilizantes (ferticor y fertilizante químico) alcanzaron alturas de 29.3 cm a 31.1 cm y un grosor del tallo de 26.6 mm a 27.2 mm, biomasa seca de 4.08 a 4.11. En el análisis de concentración de nutrientes del sustrato se presentó que los tratamientos compuesto por la mezcla bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % + fertilizante químico y el bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % + ferticor se encontró una presencia mayor en la concentración de nitrógeno, fósforo calcio y azufre. En el análisis de concentración de nutrientes foliar se presentó una mayor acumulación de nitrógeno, potasio, magnesio, calcio, azufre y zinc pertenecientes a los tratamientos suelo + sgua, suelo + biomatter, suelo + ferticor y suelo +fertilizante químico.

Palabras clave: Adenium obesum, mezclas de sustratos, fertilizantes orgánicos, concentración de nutrientes, micronutrientes, macronutrientes.

3.1.1. *Abstrac*

The rose of the desert is a succulent plant of easy cultivation. Commercially it is produced in a conventional manner with the excessive use of agrochemicals. In this study the objective was to obtain a substrate and dose of organic fertilization for the production of A. obesum. The methodology was a randomized block design with a factorial arrangement, a control and four treatments. Mixtures of substrates: T0: soil (control), T1: sawdust 80% + coconut fiber 20%, T2: coconut fiber 20 % + sawdust 40 % + chip 40 %, T3: coconut fiber 20% + chip 80%, T4: bagasse of henequen 20 % + chip 40 % + sawdust 40 % and organic fertilizers: T0: water (Control), T1: biomatter, T2: ferticor, T3: bat guano, T4: chemical fertilizer. The plants grown on the soil substrate but with different application of fertilizers (ferticor and chemical fertilizer) reached heights of 29.3 cm to 31.1 cm and a stem thickness of 26.6 mm to 27.2 mm, dry biomass of 4.08 to 4.11. In the analysis of nutrient concentration of the substrate it was presented that the treatments composed of the mixture bagasse of henequen 20 % + chip 40 % + sawdust 40 % + chemical fertilizer and bagasse of henequen 20 % +chip 40 % + sawdust 40 % + ferticor found a greater presence in the concentration of nitrogen, phosphorus, calcium and sulfur. In the analysis of concentration of foliar nutrients there was a greater accumulation of nitrogen, potassium, magnesium, calcium, sulfur and zinc belonging to the treatments soil + water, soil + biomatter, soil + Ferticor and soil + chemical fertilizer (urea (46-0-0), monoammonium phosphate (12 -61-0) and potassium nitrate enriched with P (13-2-44).

Keywords: *Adenium obesum*, mixtures of substrates, organic fertilizers, concentration of nutrients, micronutrients, macronutrients.

3.2. Introducción

El *Adenium* es una planta suculenta que por sus características fisiológicas puede tolerar el estrés hídrico, éste género es de fácil manejo sin embargo, sus fuentes de nutrición son muy importantes (McBride, 2014). El uso de sustratos como medio de producción para ésta planta es diverso. El productor produce bajo manejos empíricos aportando elementos nutricionales en la planta y obteniendo nuevos ejemplares, sin embargo, no es suficiente para el mercado ornamental por lo cual se debe seguir con estándares de calidad, como el diámetro del tallo, raíces escultóricas y flores atractivas. Los sustratos brindan soporte a la planta, algunos contienen nutrientes, mientras que a otros se les tiene que añadir; esto obliga a generar una mezcla de sustratos donde exista equilibrio en su composición físico-química. Por otra parte la nutrición aplicada a estas especies es por medio de fertilizantes sintéticos los cuales son adquiridos por su fácil acceso. Una alternativa es producir de manera orgánica siendo una forma de obtener cultivos sanos de calidad y contribuir en efectos positivos para la conservación del ambiente. Por lo tanto como objetivo se planteó obtener un sustrato y dosis de fertilización orgánica para la producción de *A. obesum.*

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Área de estudio

Este experimento se realizó en una estructura protegida con apertura cenital con cubierta de plástico lechoso al 25% de sombra y paredes con malla antiáfidos, ubicado en el Instituto Tecnológico de Conkal.

3.3.2. Procedimiento experimental

Se estableció un diseño bloques al azar en arreglo factorial, con formado por 25 tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados se expresan en el siguiente cuadro (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Tratamientos evaluados en la nutrición de *Adenium obesum.*

Tratamientos / Sustrato	**Fertilizante**
Suelo 100 % (testigo)	Agua (testigo)
AS 80 % + FC 20 %	Biomatter (B)
FC 20 % + AS 40 % + V 40 %	Ferticor (F)
FC 20 % + V 80 %	Guano de murciélago (Gm)
BH 20 % + V 40 % + AS 40 %	Fertilizante químico (Fq)

AS = aserrín; FC = fibra de coco; V = viruta; BH = bagazo de henequén; B= biomatter F = ferticor; Gm = guano de murciélago; Fq = fertilizante químico.

Como continuidad del proyecto éste experimento fue dividido en dos fases:

Fase 1. Período de acondicionamiento de plántulas de *Adenium obesum.*

Las plántulas obtenidas en el primer experimento fueron utilizadas en este trabajo independientemente del tratamiento que se aplicó. En este ensayo las plántulas fueron transplantadas en macetas de cuatro pulgadas, los cuales contenían una mezcla de sustrato compuesta por Dzidzilché 40 % + Fibra de coco 20 % + Agrolita 10 % + Arena de Tezontle 30 %. El sustrato fue previamente desinfectado por 30 minutos en la autoclave a una temperatura constante de 70 °C. EL tiempo de acondicionamiento fue de 68 días, esto fue parte del manejo general para adaptar las nuevas raíces de las plántulas y se desarrollen adecuadamente, también fue una práctica para que las plántulas se adapten al cambio de ambiente y temperatura.

Fase 2.- Uso de sustratos y aplicación de fertilizantes orgánicos

Los porcentajes de la mezcla de los sustratos así como tamaño de partícula empleados en este experimento fueron tomados de investigaciones realizadas por Gayosso (2016) Instituto Tecnológico de Conkal Yucatán. El aserrín se colectó de carpinterías que seencuentran en los alrededores de Mérida, Yucatán, el tamaño de la partícula fue tomado del residuo que pasó por una sierra de calar. La viruta tomado del mismo sitio se pasó por un tamíz de 5 mm, la fibra de coco fue adquirido de una empresa agropecuaria regional. El bagazo de henequén se cribó en una malla de perforación de 1 cm^2. Los fertilizantes orgánicos empleados son productos comerciales adquiridos de empresas distribuidoras de agroquímicos. Se aplicó el BIOMATTER L (4 mL L^{-1}), FERTICOR 8-24-4 (1.5 mL^{-1})

ambos son elaborados del humus de la lombriz roja de california (*Elsenia foetida*), Guano de murciélago (4 mL^{-1}) y un fertilizante químico urea (46-0-0), fosfato monoamónico (12-61-0) y nitrato de potasio enriquecido con P (13-2-44). La dosis empleada fue 50-25-100 (mg L^{-1}). Los datos del pH y conductividad eléctrica de los sustratos, (Cuadro 3.2) tomados como referencia antes de iniciar con el experimento Gayosso (2016), como continuidad se tomaron datos de pH de los sustratos así como de los fertilizantes al establecer el experimento y al final (Cuadro 3.3).

Tratamientos/sustratos	**pH**	**CE (mS cm^{-1})**
Suelo "Luvisol ródico"	7.39	2.48
AS + FC	5.9	0.84
FC + AS + V	5.9	0.83
FC + V	5.8	0.83
BH + V + AS	6.9	1.11

Cuadro 3.2 Análisis de pH y conductividad eléctrica (CE) de los sustratos

AS: aserrín; FC: fibra de coco; V: viruta; bagazo de henequén

Cuadro 3.3 Análisis de pH de los fertilizantes

	Tratamientos/Fertilizantes				
pH	**Agua (testigo)**	**Biomatter**	**Ferticor**	**Guano de murciélago**	**Fertilizante químico**
	7.2	6.9	6.7	7.7	6.9

Se etiquetaron las macetas de seis pulgadas acorde a los tratamientos, después se mezclaron los sustratos con las proporciones antes mencionadas seguidamente se llenaron las macetas y se realizó el trasplante. El riego se realizó una vez por semana y la fertilización se efectuó dos veces por semana.

Para la prevención y control de plagas y enfermedades se aplicó tres veces por semana un bio-fungicida y repelente orgánico "Bio Equus" compuesto por extracto esencial de

Equisetum arvense 80 % y Aceite de *Ricinus communis* 20 % se aplicó 4 mLL^{-1}. Se tomô registro de temperatura durante todo el experimento con ayuda de un Datalogger.

3.3.3. Variables agronómicas evaluadas

3.3.3.1 Altura y diámetro del tallo

Altura de la planta (Figura 3.1) medida con una regla (cm) tomado desde la base del tallo hasta el ápice, diámetro del tallo se tomó a 1 cm sobre la base del sustrato (Figura 3.2), se contó el número de hojas, brotes y ramas manualmente, para estas mediciones se tomó una planta por tratamiento y cuatro repeticiones estas variables fueron medidas mensualmente.

Figura 3.1 Altura de la planta

Figura 3.2 Diámetro del tallo

3.3.3.2. Área foliar

Para ANALIZAR??realizar el área foliar (cm^2) se SELECCIONARON 25 tratamientos y cuatro repeticiones obteniendo un total de 100 muestras, acorde a ello las plantas se llevaron al Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, perteneciente al instituto tecnológico de Conkal, Yucatán. Para realizar la medición las plantas fueron deshojadas y ordenadas según los tratamientos, posteriormente se analizaron en un integrador de área foliar marca LI-3100® (LI-COR, Inc. Lincoln, NE, USA). Cabe mencionar que en algunos tratamientos no fue posible tomar los datos debido a que la planta no contaba con suficientes hojas, por lo cual se omitieron 5 tratamientos con sus respectivas repeticiones.

3.3.3.3. Peso fresco

Para la variable peso fresco las plantas se seccionaron por órganos (hojas, tallo y raíz) consecutivamente se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso fresco de cada tejido conforme las muestras se pesaban éstas fueron colocadas en bolsas de papel estraza

previamente etiquetadas, para esta actividad no se contempló el peso fresco de hojas, sin embargo se pesó el tallo y raíz de la misma.

3.3.3.4. Peso seco

Para obtener el peso seco, las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70 °C hasta peso constante por 96 horas, una vez alcanzado el tiempo se retiran de la estufa y se pesan en una balanza analítica, a los datos obtenidos se les realizó biomasa seca para la presentación de los resultados.

3.3.3.5. Volúmen de raíz

El volúmen de raíz (cm^3) se midió al final del experimento, para ello se tomó una planta por tratamiento y cuatro repeticiones, la raíz fue separada de la base del tallo, se lavó y secó con sanitas. Después se sumergieron en una probeta con 1000 mL.

3.3.4. Variables fisiológicas

Para evaluar la eficiencia del cultivo se empleó las fórmulas de Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), empleándolos en la variable altura y diámetro de la planta. La TAC se calculó mediante la fórmula: TAC = (P2-P1) / (t2-t1), donde P1 y P2 son las alturas de las plantas en los tiempos 1 y 2, respectivamente; la TRC: se calculó con la fórmula: TRC = (Ln P2 - Ln P1) / (t2-t1) (Sedano *et al*., 2005).

Para la estimación de contenido de nitrógeno en la planta se utilizó el equipo Minolta SPAD-502, para ello se seleccionó las plantas por tratamientos y repeticiones Para llevar a cabo el proceso la planta fue dividida en tres estratos, superior, intermedio e inferior por cada división se tomó una hoja y se colocó dentro de las pinzas del aparato, seguidamente se presionó y se obtuvo el dato.

3.3.4.1. Cuantificación de minerales en hojas

La cuantificación de nitrógeno (N) (%), fosforo (mg Kg^{-1}) potasio (mg Kg^{-1}), magnesio (mg Kg^{-1}), calcio (mg Kg^{-1}) y microelementos sodio (mg Kg^{-1}) azufre (mg Kg^{-1}), manganeso (mg Kg^{-1}), hierro (mg Kg^{-1}), zinc (mg Kg^{-1}) y cobre (mg Kg^{-1}). Los análisis se llevaron a cabo al final del experimento. Para el análisis de minerales se requiere mínimo dos gramos de materia seca, sin embargo, durante el experimento algunas plantas no

desarrollaron gran cantidad de hojas lo que ocasionó la modificación en el número de tratamientos y repeticiones para realizar éste análisis. Para obtener la materia seca se utilizó el molino THOMAS Wiley, LABORATORY MILL. MODEL 4, en este equipo se vació las hojas secas por un tubo para ser molido, seguidamente se colectó en bolsas de plástico, finalmente pasaron dos veces en el molino pequeño Thomas Scientific para obtener la materia seca más fina. Las muestras se analizaron en el equipo espectrofotómetro de absorción atómica.

3.3.4.2. Cuantificación de minerales en sustrato

El proceso consistió en secar las muestras del sustrato por tres días a temperatura ambiente después fueron llevados al área de molino ubicado en el laboratorio de Agua-Suelo-Planta para su análisis. El sustrato se vació sobre un pedazo de papel estraza posteriormente fue molido dos veces en el equipo Thomas Scientific pequeño, el polvo fue colectado en bolsas de plástico, finalmente es cernido en una criba de 05400 MM. El suelo, se cernió dos veces primero fue cernido en la criba número -1.19 MM, posteriormente en la criba más fina número 05400 MM, por último se empaquetaron en bolsas de plástico. Las muestras se analizaron en el equipo espectrofotómetro de absorción atómica.

3.3.5. Análisis de datos

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias por el método Tukey (α= 0.05) con el paquete estadístico Statistical Annalysis System (SAS, 2004).

3.4. Resultados y Discusiones

3.4.1. Intensidad de luz, pH y Conductividad eléctrica (CE)

La intensidad de luz que recibieron las plantas *de A. obesum* fue de 168.42 µmol m^{-2} s^{-1} $día^{-1}$ bajo estructura protegida. McBride *et al*. (2014), reporto que a 30 % de sombra (1255 µmol. m^{-2} . s^{-1}), el *A. obesum* “variedad roja” obtuvo un alto número de flores y a 50 % de sombra (94342 µmol m^{-2} s^{-1}), las plantas se elongaron. En el análisis de pH el tratamiento

suelo obtuvo (7.7) y una conductividad eléctrica de 4.3 mS^{-1}, al respecto Bunt (1988), señalo que una CE de 3,5 a 5,0 dS m^{-1} la salinidad es muy elevada para la mayoría de las plantas y sólo plantas vigorosas resisten a esta condición.

El tratamiento compuesto por la mezcla bagazo de henequén + viruta + aserrín (BH+V+AS) presentó (7.5) y una conductividad eléctrica de 2.1 mS^{-1} mientras que los otros tratamientos estuvieron en 7.0 y su conductividad eléctrica fue de 1.9 a 2.3 mS^{-1}.

Dimmit (1998), mencionó que sustratos con pH de 5.5 a 8 podrían funcionar en el cultivo de *Adenium.* Colombo *et* al., (2016), observaron que los sustratos que obtuvieron los mejores resultados en el crecimiento de la planta en *A. obesum* obtuvieron pH más ácidos en un rango de 4.05 a 4.50 y conductividad eléctrica baja.

3.4.2. Temperatura y Humedad relativa

Durante el crecimiento de la planta la temperatura y humedad relativa presentó variaciones, se observó que a partir de los 15 a 30 días después del trasplante (ddt) la temperatura fue baja (23- 24° C) y la humedad relativa con un 72 % (Figura 3.3). A partir de los 45 a 120 ddt la temperatura aumentó de 28 ° C a 30 ° C y la humedad relativa tendía a disminuir alcanzando un valor de 58 % a 63 %.

Dimmit (1998), señaló que las plantas pueden crecer bien en temperaturas de (30-35°C), preferentemente de moderada a alta humedad, sin embargo, el crecimiento y la floración parecen ser suprimida por temperaturas por encima de (38 ° C). En éste trabajo *A. obesum* estuvo en el rango de la temperatura mencionada.

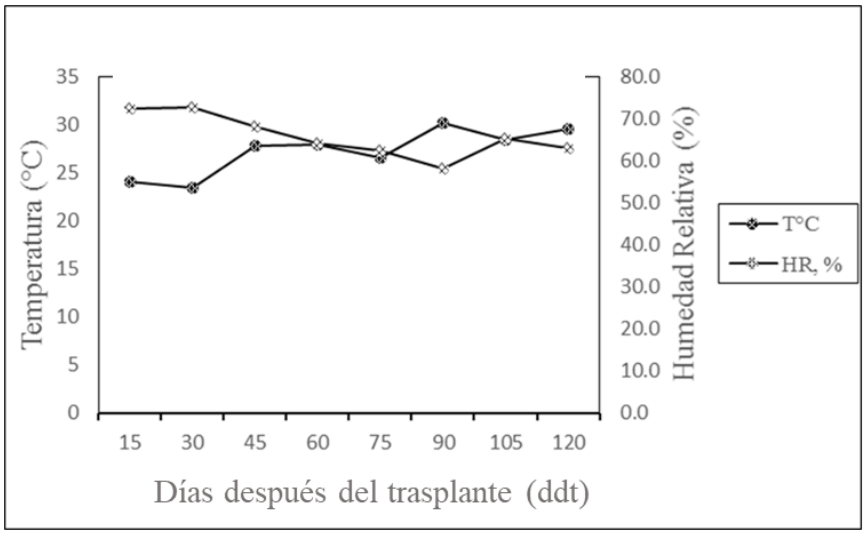

Figura 3.3 Temperatura y Humedad Relativa evaluadas a los 120 ddt en plantas de *A.obesum* bajo estructura protegida.

3.4.3. Altura de las plantas

Las plantas que crecieron en el tratamiento suelo alcanzó una altura de 27.5 cm evaluadas a los 210 ddt siendo las más altas. Por otra parte las plantas que crecieron en los tratamientos compuestos por aserrín 80 % + fibra de coco 20 % (AS+FC) y el sustrato fibra de coco 20 % + viruta 80 % alcanzaron una altura de 7.05 cm (Figura 3.4).

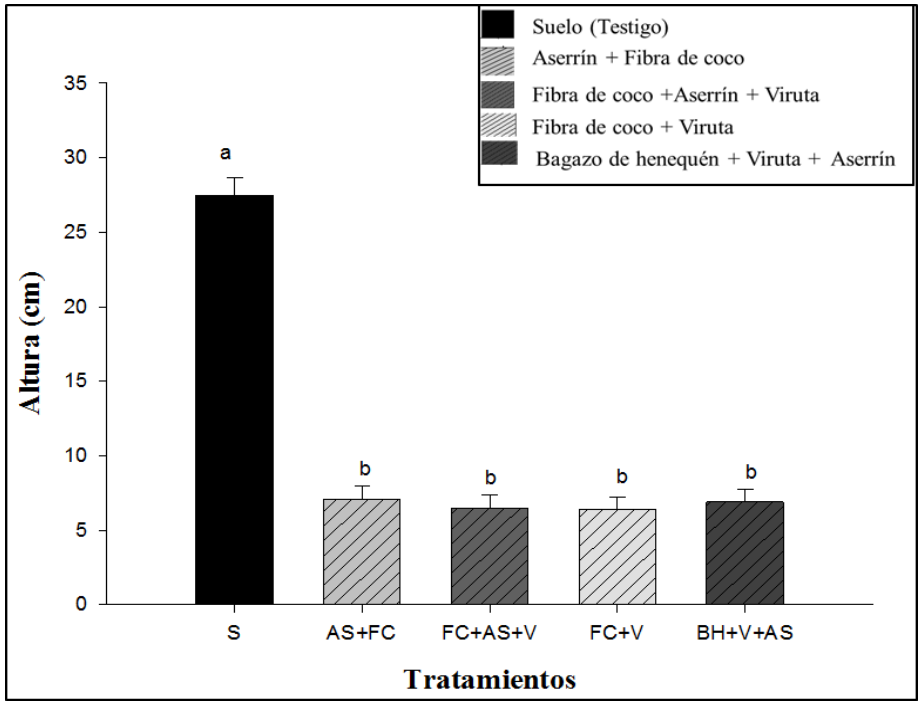

Figura 3.4 Altura de *Adenium obesum* obtenido a los 210 ddt en la evaluación de sustratos. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

Herrera (2011), evaluó diferentes mezclas de sustratos utilizando fibra de coco en el crecimiento del crisantemo y reporto con éste sustrato mayor porosidad, menor densidad aparente, un nivel de aireación y capacidad de infiltración adecuada así como niveles altos de materia orgánica (77 %). Mientras Ortega (2010), indicó en un estudio con aserrín, buena capacidad de absorción de agua y retención de humedad y espacio poroso total de

60%, ambos sustratos presentaron características físico-químicas favorables para el cultivo, sin embargo puede repercutir el antagonismo de los elementos minerales en el sustrato, las proporciones o el tamaño de las partículas empleadas en éste experimento.

Por otra parte el menor crecimiento de la planta en el tratamiento compuesto por fibra de coco 20 % + viruta 80 % se debe a la escasa retención de nutrientes debido al tamaño de la partícula y mayor proporción. Vargas *et al*. (2008), mencionaron que la distribución del tamaño de las partículas en un material define la granulometría la cual, a su vez, determina el tamaño de los poros; partículas de 0.25 a 1 mm son esenciales en la relación agua-aire, la disminución del tamaño de partícula reduce la porosidad total y como consecuencia la capacidad para retener agua. En un estudio realizado por Colombo *et al*. (2016), evaluaron mezclas de sustratos en *A. obesum* en el cual obtuvieron como mejor sustrato la Arena + Fibra de coco y Vermiculita + Fibra de coco, con alturas promedios de planta de 36- 43 cm. En ambos estudios se utilizó la fibra de coco, sin embargo por ser diferentes las composiciones de las mezclas los datos obtenidos difieren.

Las plantas tratadas con el fertilizante ferticor presentaron una altura de 15.7 cm, seguido del tratamiento químico con 12.27 cm, mientras que las plantas con el tratamiento agua obtuvieron una altura de 7.99 cm (Figura 3.5).

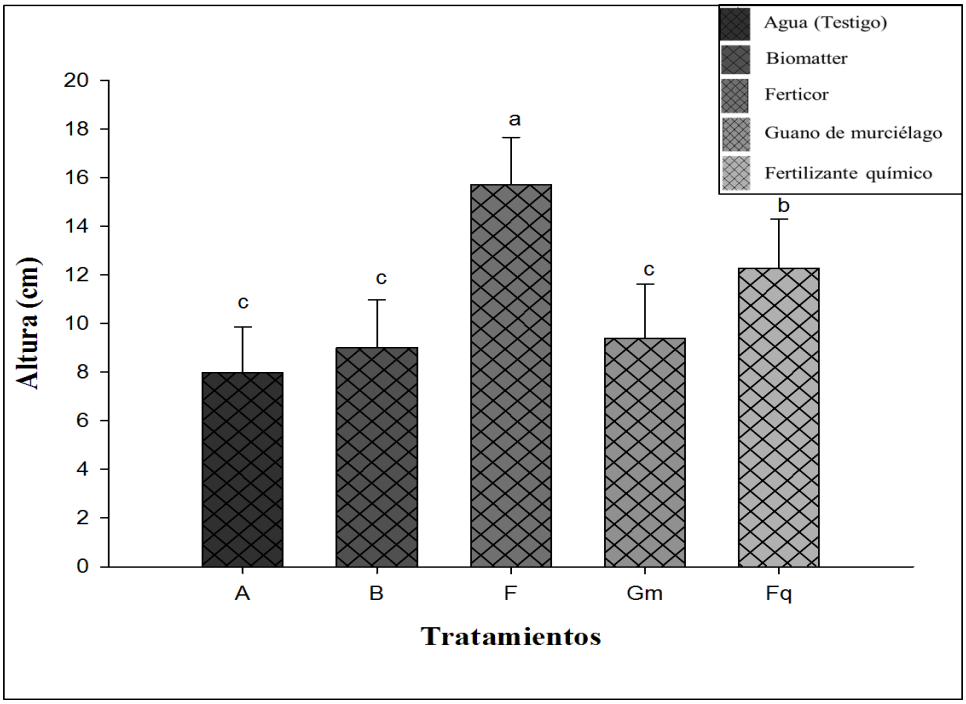

Figura 3.5 Altura del *Adenium obesum* alcanzada a los 210 ddt en la fertilización. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

McBride *et al*. (2014), evaluaron el efecto de la nutrición y niveles de intensidad de luz en *A. obesum* "rojo" utilizando el fertilizante (Nutricote Plus 18 N–2.6 P–6. 6) observaron que las plantas alcanzaron alturas de 23.2 cm con una fertilización de 7.5 g L^{-1}. En el análisis de varianza y la comparación de medias Tukey (∝=0.005) realizada en la interacción de factores (sustratos y fertilizantes) presentó diferencias significativas en tratamientos de la variable altura. El tratamiento suelo combinado con los fertilizantes ferticor, el químico, guano de murciélago y biomatter tuvieron efecto en la altura de las plantas, en cuanto a la combinación de los fertilizantes con las mezclas de sustratos presentaron un bajo crecimiento en las plantas.

3.4.4. Diámetro del tallo principal

El diámetro del tallo a los 210 ddt de *A. obesum* midió 25.02 mm en el tratamiento suelo (testigo) por otra parte las mezclas de sustratos del tratamiento compuesto por fibra de coco 20 % + aserrín 40 % +viruta 40 % (FC+AS+V) alcanzó un valor de 17.12 mm (Figura 3.6).

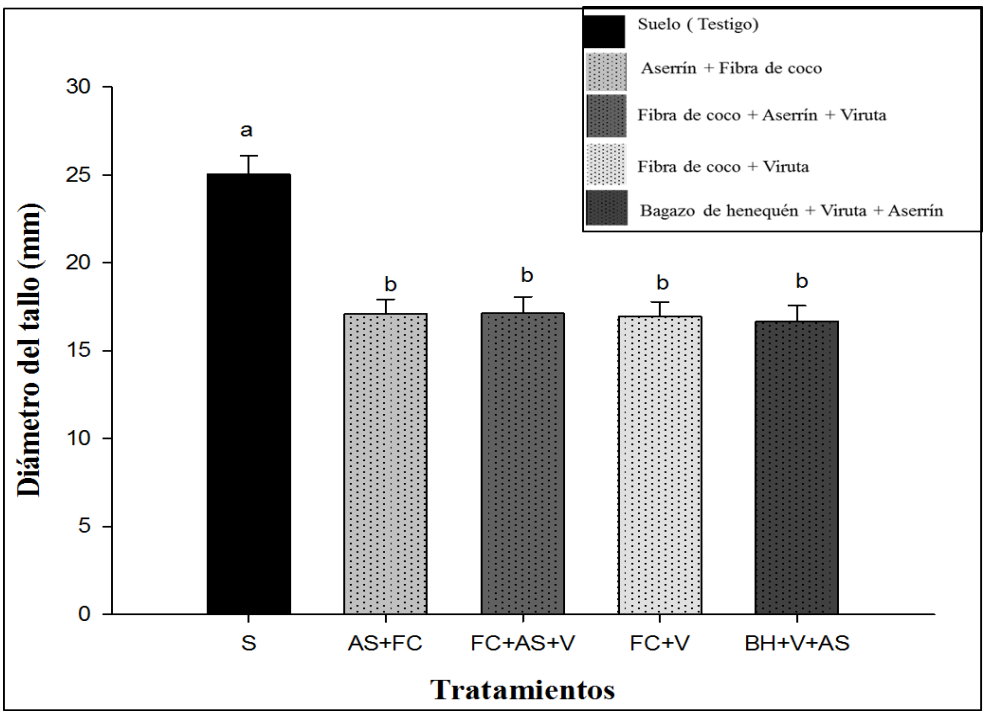

Figura 3.6 Diámetro del tallo de *Adenium obesum* evaluados a los 210 ddt en cinco sustratos. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

En un estudio realizado por Colombo *et al*. (2016), evaluaron mezclas de sustratos en *A. obesum* en el cual obtuvieron como mejor sustrato la arena + fibra de coco y vermiculita + fibra de coco los cuales se han mencionado en la variable altura, también obtuvieron diámetros mayores alcanzando medir 60.94 a 67.41 mm.

En la fertilización el diámetro obtenido fue de 22.98 mm con el fertilizante orgánico ferticor seguido por el químico con 20.58 mm, el tratamiento guano de murciélago presentó un tallo delgado de 15.23 mm (Figura 3.7).

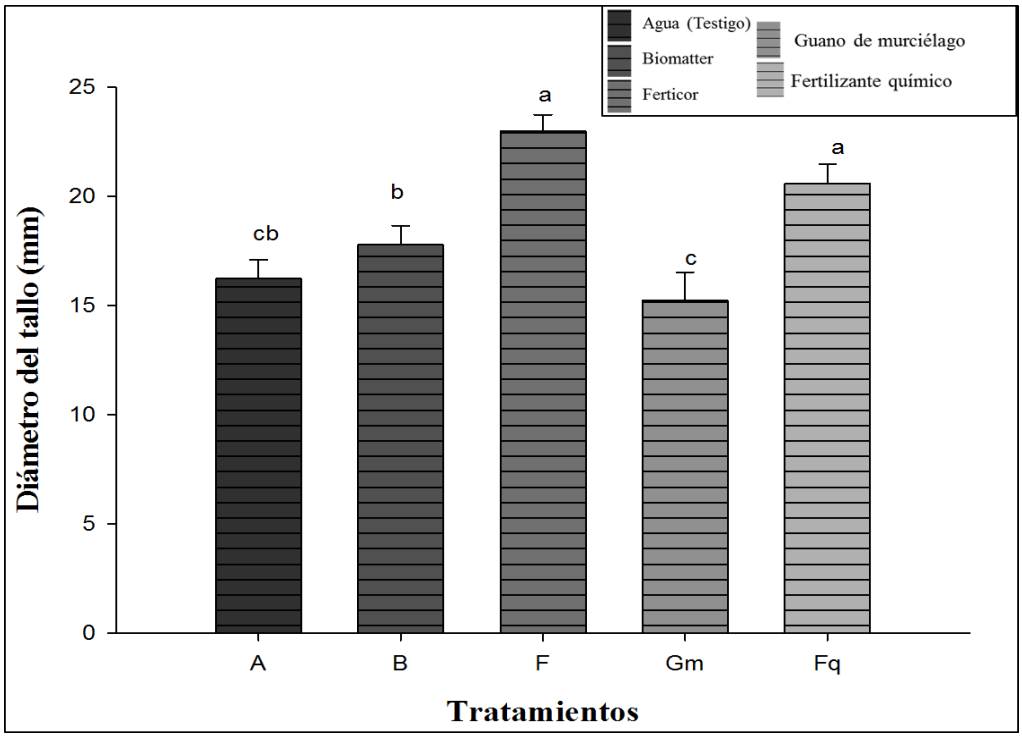

Figura 3.7. Diámetro del tallo de *Adenium obesum* evaluado a los 210 ddtéé. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

Dimmitt (1998), mencionó en su investigación con *Adenium*, que ésta debe recibir una fertilización regular y generosa, utilizando fertilizantes de liberación lenta y por fertirriego con altas concentraciones de nitrógeno o un equilibrio de nitrógeno, fósforo y potasio. En este estudio los fertilizantes empleados contenían concentraciones bajas de nitrógeno sin

embargo, al utilizar el ferticor el cual contiene una concentración alta de fósforo se le atribuye mayor grosor del diámetro seguido por el químico con una concentración alta de nitrógeno y potasio. Lo contrario ocurrido con Dimmit (1998), quien mencionó que al utilizar concentraciones bajas de nitrógeno en un intento de aumentar el grosor del tallo y disminuir la altura observó que las plantas no engrosaron apreciablemente y la floración fue escasa.

McBride *et al*. (2014), evaluaron tasas de fertilización en *A. obesum* "roja" en diferentes tamaños de contenedores, observaron que al aumentar las dosis de fertilización de Nutricote total (18N–2.6P–6.6K, 140-de formulación) incremento linealmente la altura, el diámetro del tallo y la biomasa seca.

3.4.5. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) en plantas de *Adenium obesum*

La máxima Tasa Absoluta de Crecimiento de *A. obesum* ocurrió a los 90 ddt en las plantas trasplantadas en los tratamientos Suelo y bagazo de henequén + viruta + aserrín (BH + V + AS), mientras que los tratamientos compuestos por las mezclas aserrín + fibra de coco, fibra de coco + aserrín + viruta y fibra de coco + viruta (AS + FC, FC + AS + V Y FC + V) se observó su máxima capacidad de crecimiento a los 60 ddt (Figura 3.8).

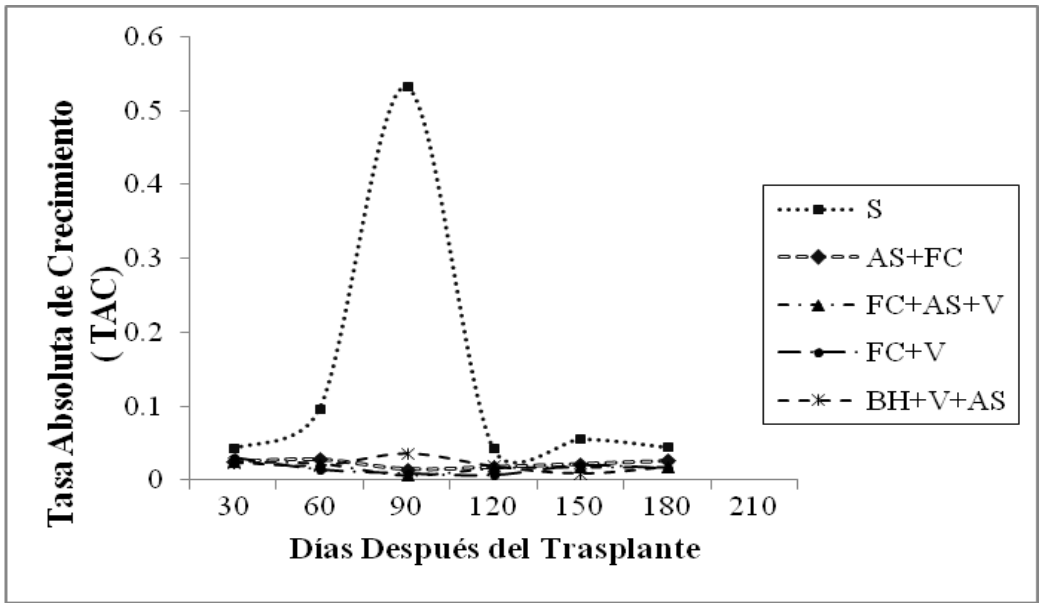

Figura 3.8 Tasa Absoluta de Crecimiento en altura de *A. obesum* evaluado en cinco sustratos a los 210 (DDT). S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V:

fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín.

Con respecto a la fertilización las plantas presentaron la máxima TAC a los 90 ddt, sin embargo el mayor incremento lo obtuvo las plantas tratadas con el fertilizante ferticor de (Figura 3.9).

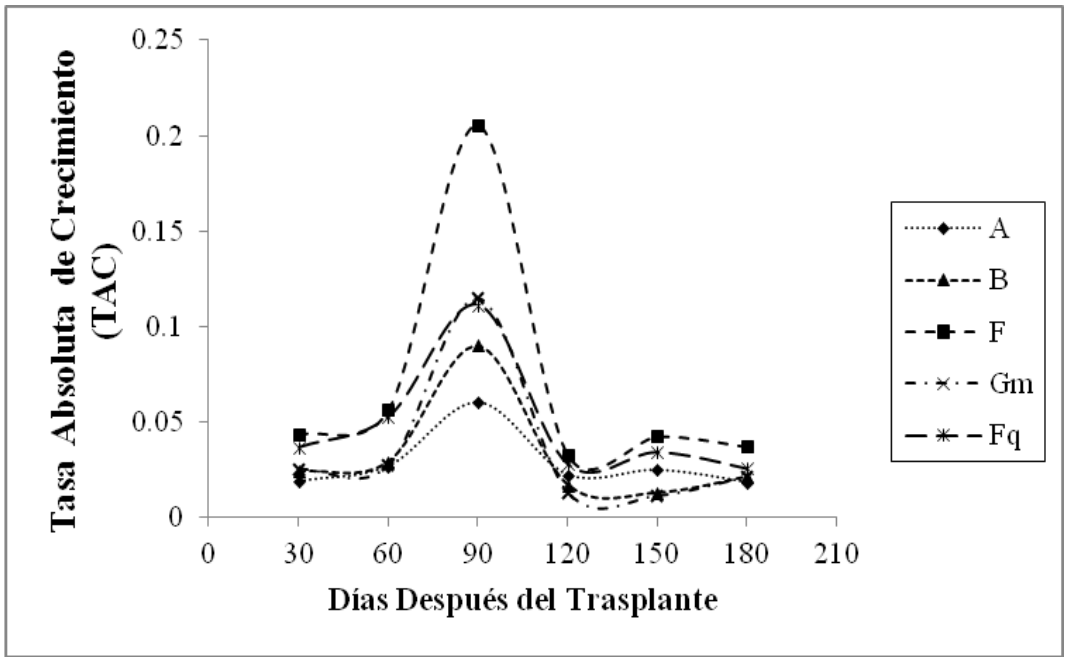

Figura 3.9 Tasa Absoluto de Crecimiento en *A. obesum* evaluado a los 210 DDT, durante la fertilización. A: agua (testigo); B: biomatter; F: ferticor; Gm: guano de murciélago; Fq: fertilizante químico

Torres (1984), reportó que la Tasa Absoluta de Crecimiento puede alcanzar un valor máximo en un tiempo corto o mantenerse por un periodo mayor, según la especie. Con respecto a ello el *A. obesum* alcanza su valor máximo en un tiempo relativamente corto y posteriormente mantienen este proceso hasta obtener las condiciones adecuadas y continuar su crecimiento.

La máxima Tasa Crecimiento Relativo de las plantas de *Adenium obesum* ocurrió a los 90 ddt, posteriormente decreció observándose en la mayoría de los tratamientos con excepción del tratamiento compuesto por bagazo de henequén + viruta+ aserrín

(BH+V+AS), el cual a los 90 días alcanzo su máxima eficiencia de crecimiento. La división celular meristemática fue muy activa en ese período de tiempo (Figura 3.10).

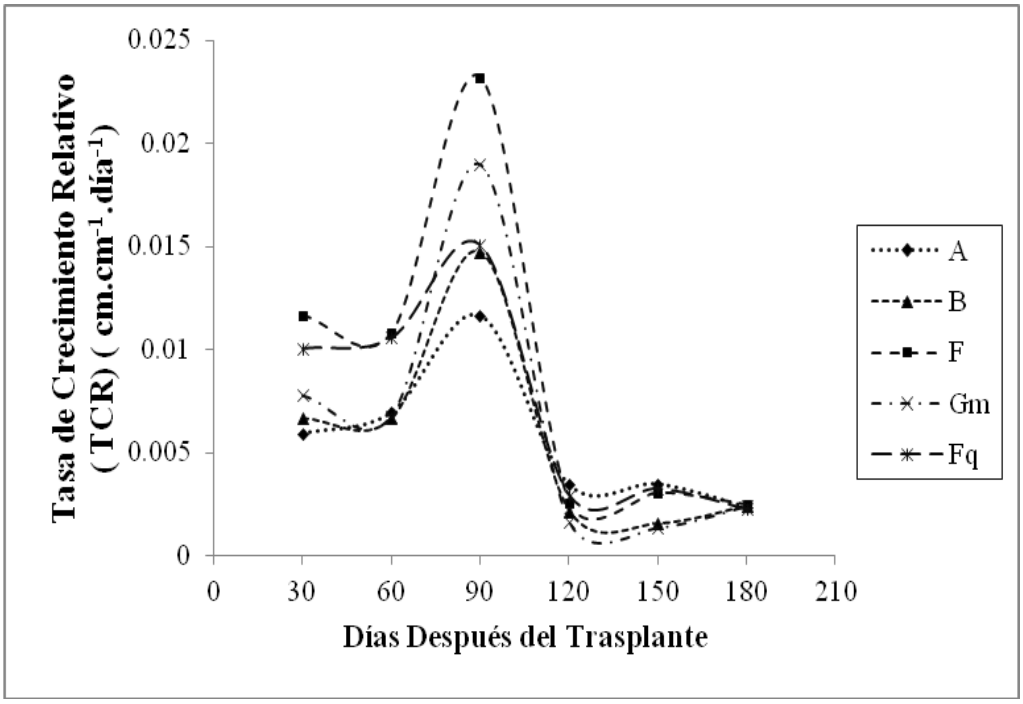

Figura 3.10 Tasa de Crecimiento Relativo en altura de *A. obesum* evaluado en cinco sustratos a los 210 (DDT). S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín.

Con la aplicación de los fertilizantes la eficiencia de crecimiento de las plantas fue a los 90 ddt en este tiempo las plantas aprovecharon y asimilaron los nutrientes para su crecimiento (Figura 3.11).

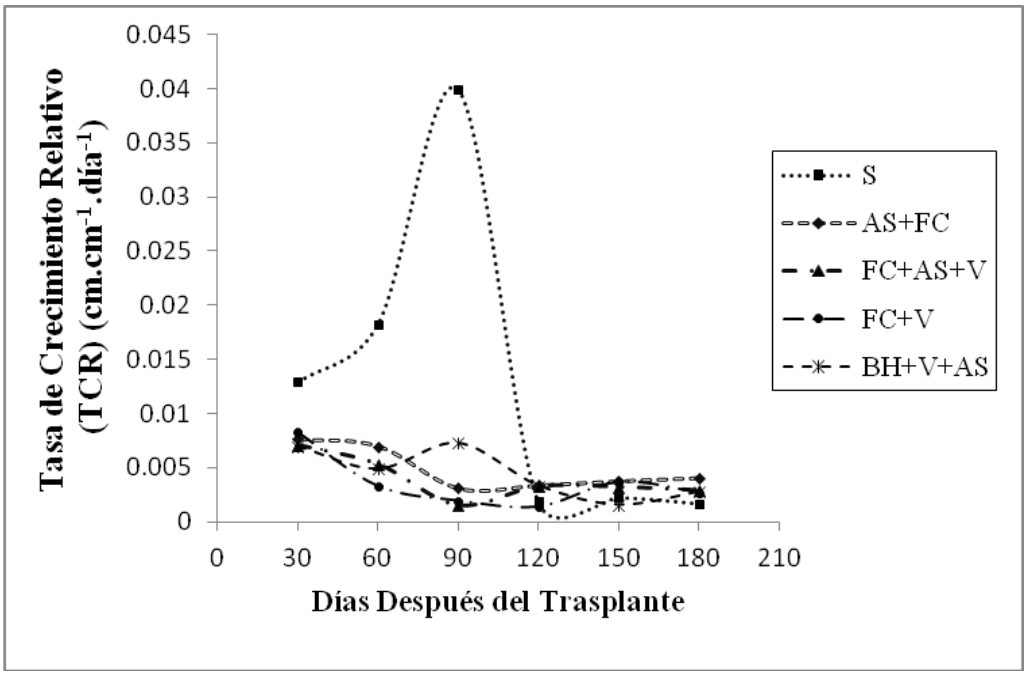

Figura 3.11 Tasa de Crecimiento relativo en altura de *A. obesum* evaluado a los 210 DDT, durante la fertilización. A: agua (testigo); B: biomatter; F: ferticor; Gm: guano de murciélago; Fq: fertilizante químico.

Bidwell (1990), indicó que las fases del crecimiento son diferentes debido a perturbaciones causadas por la variación ambiental y los eventos del desarrollo. El crecimiento se verá limitado por la carencia de sustrato o por la acumulación de desechos y la fase de senilidad se iniciará. Algunas plantas por su complejidad podrían seguir un modelo de crecimiento lineal, pero la mayoría de las plantas superiores no siguen este modelo por largo tiempo; muy pronto desarrollan un modelo de crecimiento meristemático. El crecimiento tiene lugar solamente en sitios discretos y es esencialmente unidimensional, o aumenta en longitud. También dado a los incrementos y disminuciones de eficiencia de crecimiento de las plantas podría ser efecto por la caída de hojas, la foto respiración y la respiración mitocondrial (López, 2004).

3.4.6. Número de hojas

Las plantas con el tratamiento suelo obtuvieron un mayor número de hojas con 38.7, seguido del tratamiento compuesto por fibra de coco 20 % + aserrín 40 % + viruta 40 %

(FC+AS+V). El sustrato compuesto por aserrín 80 % + fibra de coco 20 % (AS+FC) presentó menor cantidad de hojas correspondiente a 14.9 (Figura 3.12).

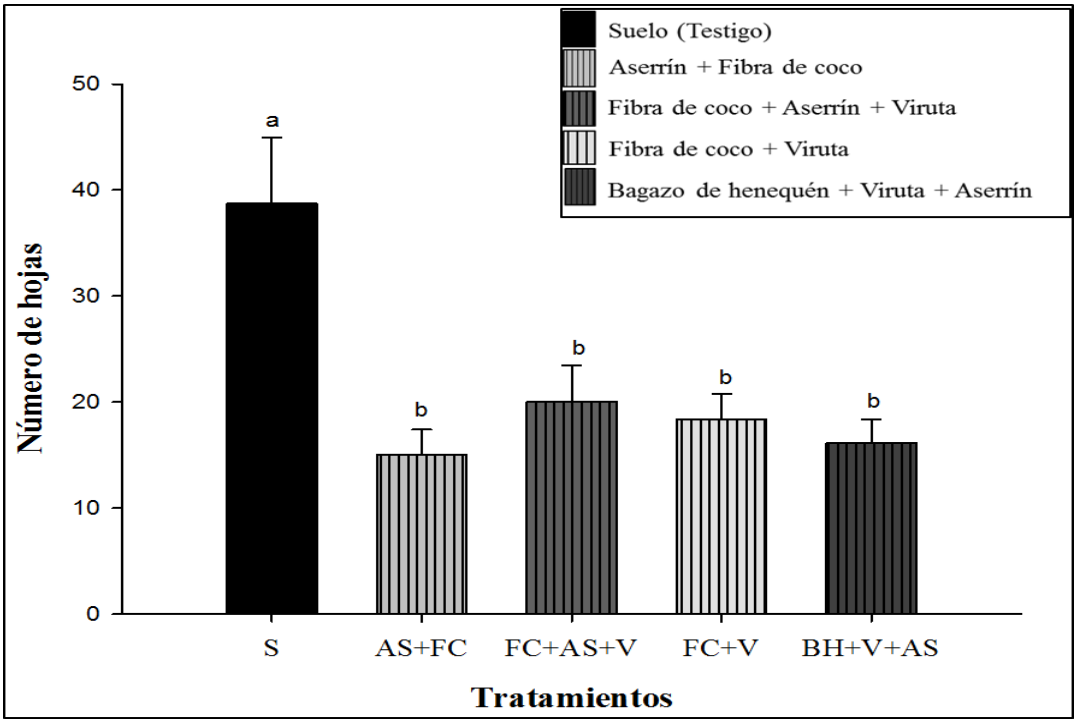

Figura 3.12 Número de hojas de *Adenium obesum* en cinco sustratos S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

Dimmit *et al*., (1998), mencionaron que los *Adenium* pueden presentar defoliaciones parciales de hojas, en caso de pérdida de agua o por los cambios del tiempo, sin embargo las yemas axilares continúan desarrollando nuevas hojas.

Con la aplicación de los fertilizantes se observó que el tratamiento ferticor causó efecto en el desarrollo de hojas en la planta con una media de 35, seguido del fertilizante químico alcanzando un valor de 26.5, mientras que las plantas que crecieron con la aplicación del guano de murciélago presentaron menor número de hojas comparado con el que sólo se aplicó agua (Figura 3.13).

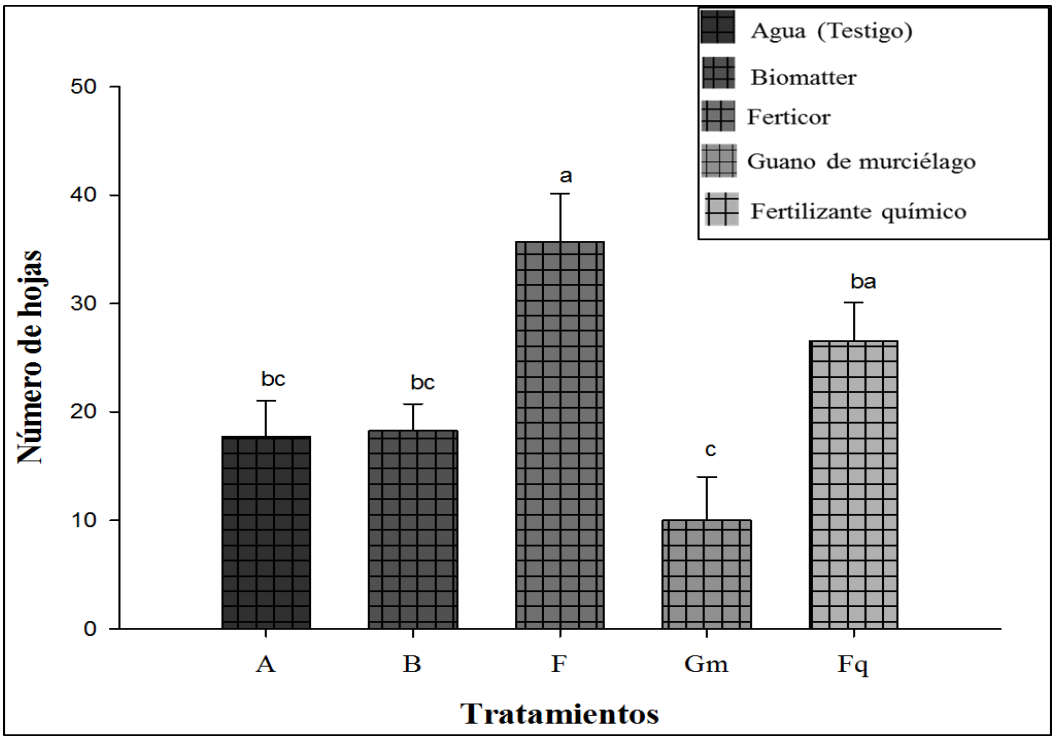

Figura 3.13 Número de hojas en *Adenium obesum* evaluados a 210 ddt con respecto a la aplicación de fertilizantes .A: agua (testigo); B: biomatter; F: ferticor; Gm: guano de murciélago; Fq: fertilizante químico. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

Por otra parte García (2011), indicó que el guano de murciélago posee un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio y este fertilizante también está compuesto por: amoníaco, ácido úrico, ácido fosfórico, acido oxálico, y ácidos carbónicos, sales e impurezas de la tierra. El bajo número de hojas desarrolladas en el tratamiento guano de murciélago podría deberse al exceso de nitrógeno en forma de amonio en el sustrato (Figura 3.14). Con respecto al análisis estadístico en la interacción del sustrato y fertilizante no se presentó diferencias significativas.

Figura 3.14 Planta de *Adenium obesum* con la aplicación del tratamiento Guano de murciélago.

Molina (2014), indicó que al pasar el nitrógeno en el proceso de mineralización, éste es descompuesto para ser absorbido como NO_3^- o NH_4^+ , el amonio es absorbido de acuerdo a su nivel de pH cercano a 8, y una vez absorbido éste debe ser incorporado inmediatamente a los esqueletos de carbono, al no existir carbohidratos disponibles para este proceso puede acumularse a niveles tóxicos dentro de la raíz, produciendo detención en el crecimiento y reducción de la absorción de potasio K^+, con síntomas de éste nutriente en la planta. También para las plantas ocasiona una baja habilidad para absorber el agua. De tal forma que la aplicación del fertilizante guano de murciélago podría haber causado el bajo desarrollo de hojas ocasionando necrosis y caída de las mismas, aunado a esto las propiedades físico- químicas de los sustratos forman parte fundamental para el crecimiento y desarrollo de la planta, por lo que al no existir un ambiente adecuado se presentan problemas en la planta.

3.4.7. Estimación de concentración de nitrógeno en *Adenium obesum*

Las plantas sembradas en el tratamiento suelo obtuvieron un valor de 53.29 unidades SPAD, seguido del tratamiento compuesto por fibra de coco 20 % + aserrín 40 % + viruta 40 % con 33.19, presentando una coloración verde. El aserrín 80 % + fibra de coco 20 % alcanzó 29.72 obteniendo una coloración verde pálida a amarillenta. (Figura 3.15). Con respecto a las plantas fertilizadas con el tratamiento ferticor obtuvieron un valor de 41.99, al igual que el tratamiento químico con 40.02, por lo que las hojas son de color verde intenso. Por otro lado las plantas regadas solo con agua presentaron valores bajos de 26.26 presentando una coloración amarillenta.

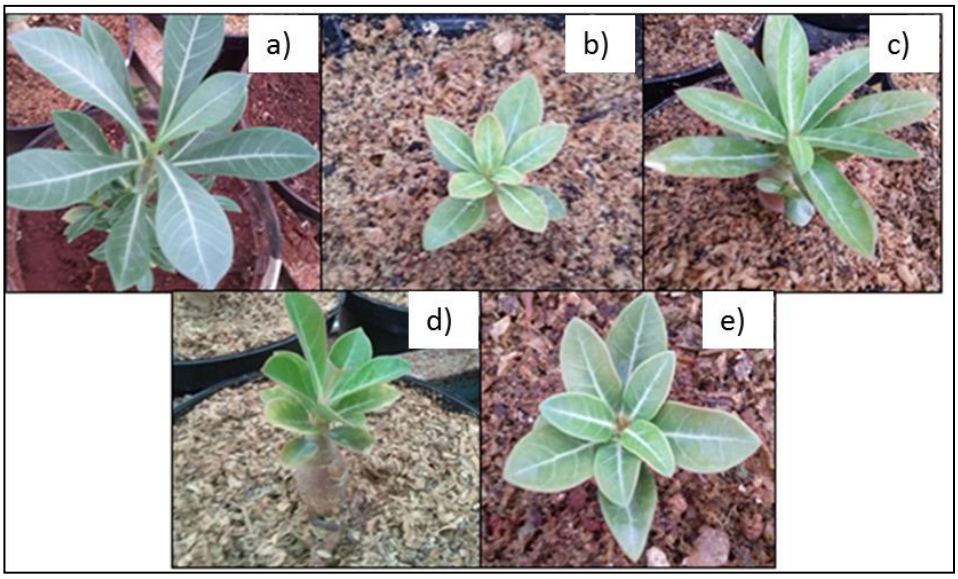

Figura 3.15 Figura 3.15 Plantas medidas por sustratoscon el SPAD a los 120 ddt estimando la concentración de nitrógeno, por medio de las tonalidades del color. a).- suelo (testigo); b).-.AS+FC: aserrín + fibra de coco; c).-. FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; d).- FC+V: fibra de coco + viruta; e).-. BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín.

Bidwell (1990), indicó que la clorofila es un pigmento reconocido como el pigmento verde de las plantas y como la sustancia responsable de la absorción lumínica en la fotosíntesis, capaz de absorber la luz roja y la azul, no la verde. Ribeiro da Cunha *et al.*, (2015), mencionaron que la medición realizada en el SPAD fue para identificar la necesidad de nitrógeno en la planta, evaluando diferentes dosis de nitrógeno en *Lisianthus*.

3.4.8. Área Foliar

El tratamiento donde se obtuvieron los mejores resultados de área foliar fue en el tratamiento suelo, desarrollando hojas grandes y una coloración verde. Los tratamientos compuestos por las mezclas de sustratos generaron hojas generalmente pequeñas, es por ello que el área foliar fue baja (Figura 3.16).

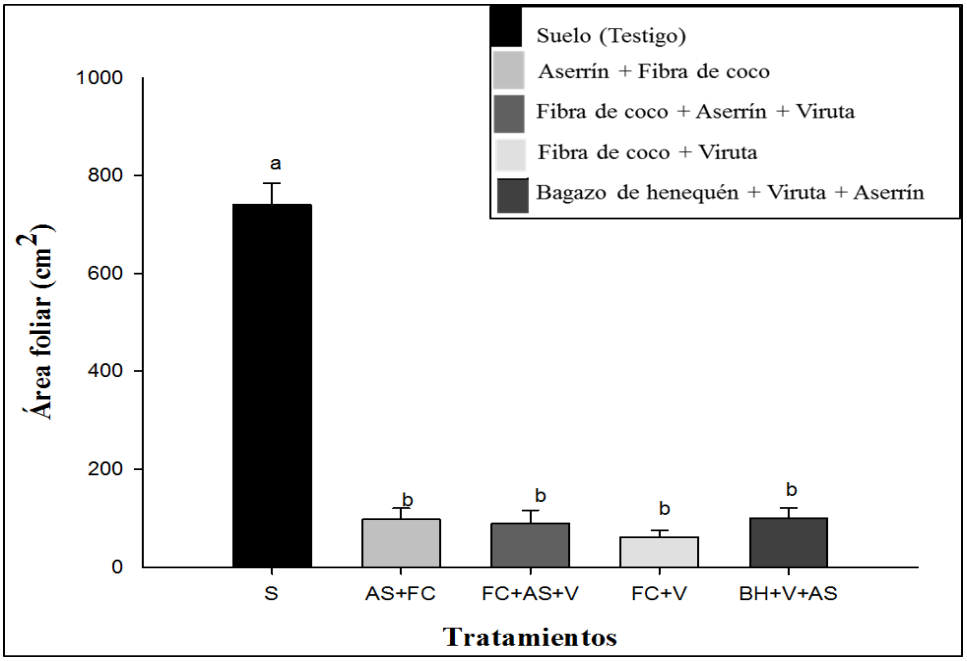

Figura 3.16 Área foliar en *A. obesum* evaluado a los 210 ddt en cinco sustratos. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma lmiteral son iguales (Tukey, α=0.05).

De acuerdo a la aplicación de los fertilizantes en las plantas el tratamiento ferticor obtuvo mayor valor en área foliar comparado con la aplicación de sólo agua (Figura 3.17).

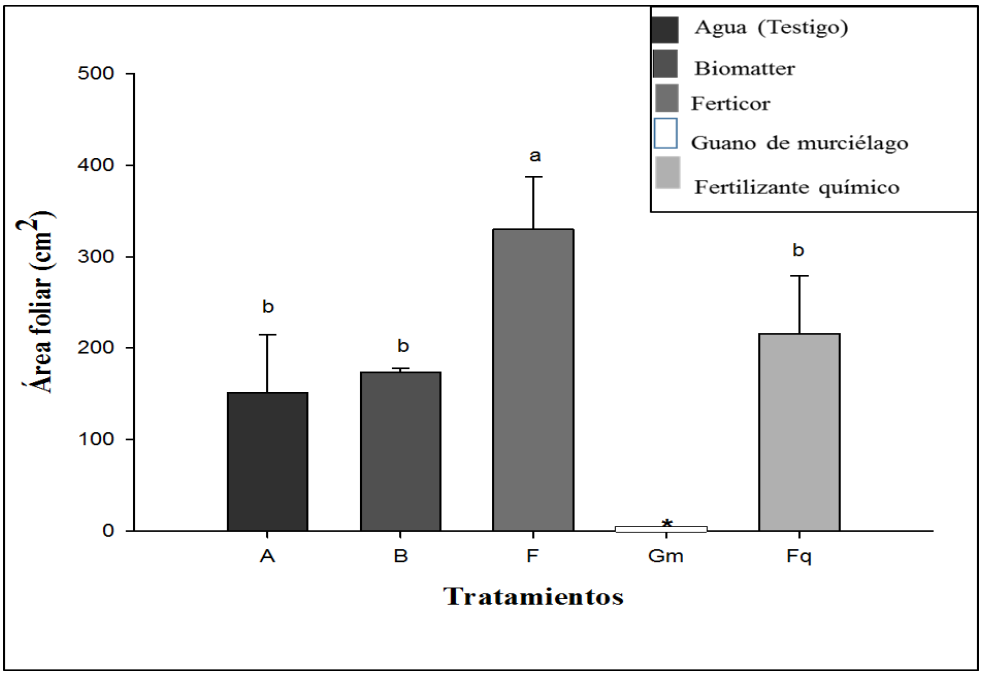

Figura 3.17 Área foliar en *A. obesum* evaluado en la fertilización a los 210 ddt. Los datos son medias ± EE. Barras con la misma letra son iguales. * Tratamiento no medido

El tratamiento guano de murciélago aplicado a las plantas que tuvieron diferentes mezclas de sustratos y suelo no se realizó la medición de esta variable ya que la planta no desarrolló suficientes hojas para realizar la medición (Figura 3.18).

Figura 3.18 Tratamiento Guano de murciélago, efecto causado sobre la planta *Adenium obesum* aplicado en los diferentes sustratos, evaluado a los 210 ddt. S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín.

Las hojas de las plantas superiores son los principales órganos encargados de la intercepción luminosa y de la fotosíntesis. Las especies cultivadas en su mayoría invierten la mayor parte de su crecimiento en la expansión del área foliar (Watson, 1947); Azcón-Bieto (2000), mencionaron que la fotosíntesis es un proceso distintivo del reino vegetal, que determina en buena parte los rasgos característicos de la estructura y la fisiología de las plantas, lo cual concuerda con Giménez (1992), quien señaló que otro aspecto importante en la intercepción de la luz es la arquitectura foliar de la planta, es decir cómo están distribuidas las hojas con relación al tallo y su inclinación respecto a la vertical.

3.4.9. Volúmen de raíz

Las plantas que estuvieron en el tratamiento suelo obtuvieron 45.6 cm^3 de volúmen de raíz, seguido de la mezcla compuesta por Bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % (BH + V+ AS) con 23.25 cm^3 y las plantas con el tratamiento fibra de coco 20 % + aserrín 40 % + viruta 40 % (FC+ AS+ V) con 22.8 cm^3. El tratamiento aserrín 80 % +

fibra de coco 20 % (AS+FC) presentó un valor bajo de 17.6 cm^3 de volúmen de raíz de las plantas (Figura 3.19). Colombo *et al*; (2015), obtuvieron valores de 274 mL en volúmen de raíz de *A.obesum* en la mezcla vermiculita +fibra de coco y arena + fibra de coco.

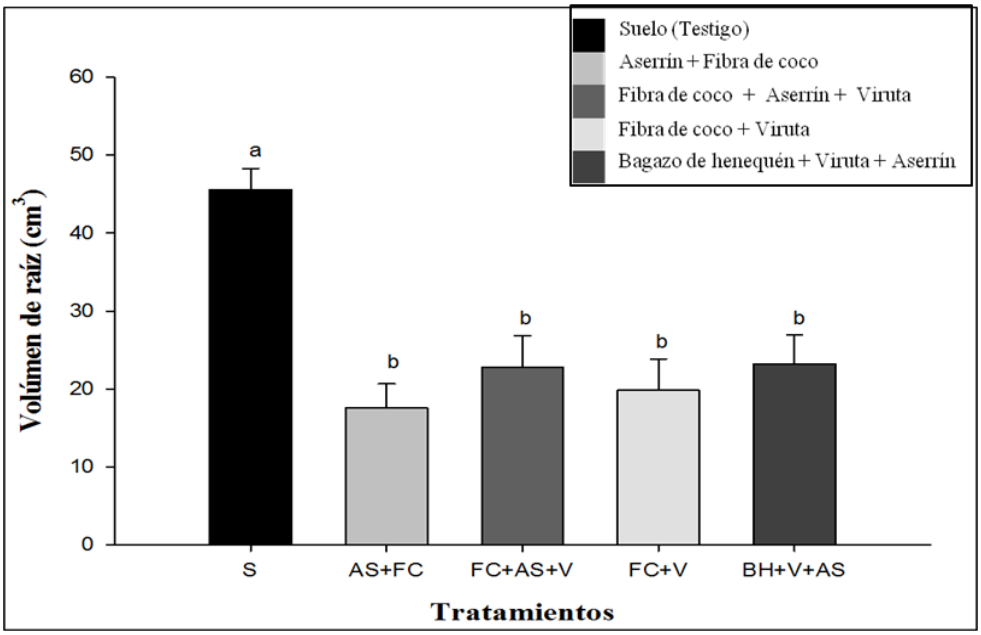

Figura 3.19 Volúmen de raíz de *A. obesum* evaluado a los 210 ddt en cinco sustratos. Los datos son medias ± EE. Las barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

Con la aplicación de los fertilizantes el mejor fue el ferticor con un volumen de raíz 37.25 cm^3, seguido del químico con valor de 28.5 cm^3, el fertilizante biomatter con valor de 17.5 demostró un bajo volumen de raíz (Figura 3.20).

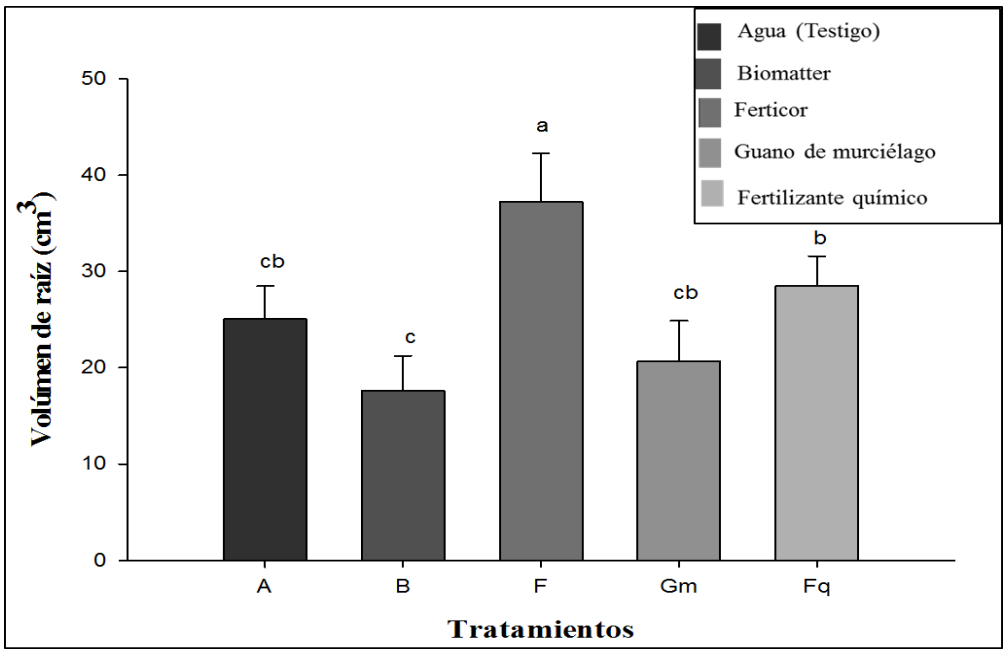

Figura 3.20 Volúmen de raíz de *A. obesum* evaluado en la fertilización a los 210 ddt. . Los datos son medias ± EE. Las barras con la misma literal son iguales (Tukey, α=0.05).

El volúmen de raíz indico un buen desarrollo de raíces en el sistema propiciando que la planta absorba el agua y nutrientes disponibles en el sustrato. Por, lo tanto un mayor volumen de raíz tendrá un crecimiento y sobrevivencia en el medio (Rose *et al*., 1997).

3.4.10. Biomasa seca en hojas tallo y raíz

El mayor incremento en biomasa seca se presentó en las plantas que crecieron con el tratamiento suelo, el órgano que obtuvo un valor alto en materia seca fue el tallo con 64.26 %, seguido por las hojas con 46.32 %, mientras que en la raíz se observó un bajo valor de 37.61 %. El tratamiento compuesto por la mezcla bagazo de henequén 20 % + aserrín 40 % + viruta 40 % (BH+ AS+V) obtuvieron 19.17 % en materia seca, en cuanto a la raíz alcanzaron un 18.9 %, mientras que en el tallo se notó una menor biomasa de 9.3 9 %. La mezcla compuesta por fibra de coco 20 % + aserrín 40 % + viruta 40 % (FC + AS + V) obtuvo un valor de 18.57 % en biomasa de raíz. El tratamiento compuesto por aserrín 80 % + fibra de coco 20 % (AS+FC) obtuvo un valor de 12.22 % en las hojas, por lo tanto este tratamiento fue el que presentó un baja ganancia de materia seca comparado con las otras mezclas (Figura 3.21).

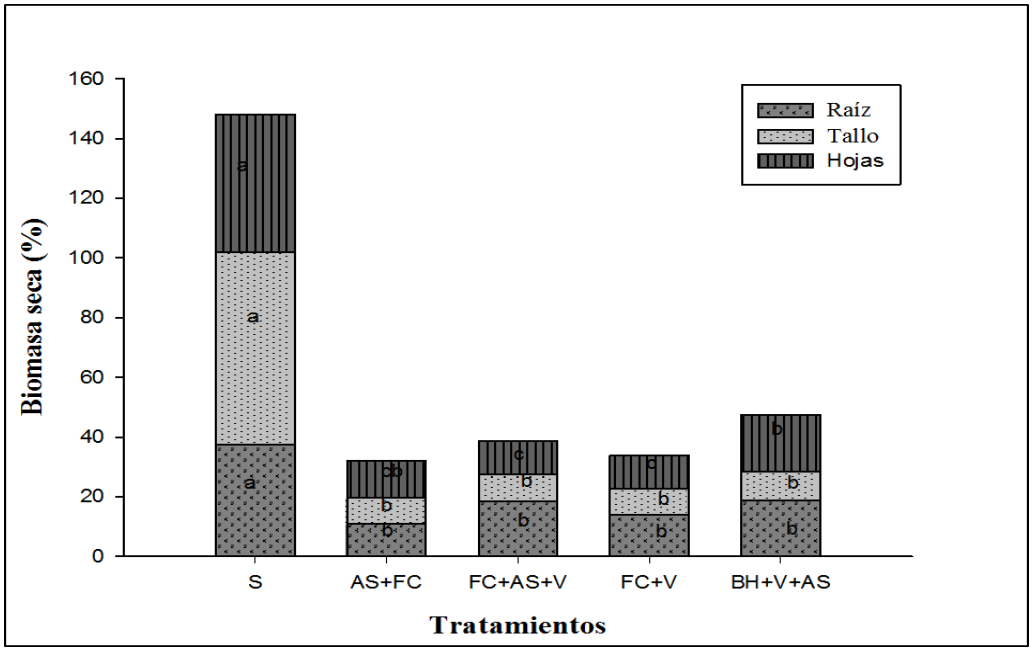

Figura 3.21 Biomasa seca en hojas, tallo y raíz evaluado a los 210 ddt en *A. obesum* en cinco sustratos. S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín.

Colombo *et al.* (2016), en su evaluación con distintas mezclas de sustratos en *A. obesum* observaron que el sustrato vermiculita + fibra de coco obtuvo los mejores resultados en peso seco de hojas, tallo y raíz.

De acuerdo a la fertilización la aplicación del ferticor causó un efecto en la planta obteniendo un 52.20% de materia seca en la raíz, las hojas con 40.45% y el tallo 28.95%. El fertilizante químico obtuvo 24.47% en el tallo, la raíz con 19.16% en raíz, seguido de las hojas con 18.91%. Al tratamiento guano de murciélago no fue medido el peso seco de hojas de acuerdo a lo mencionado en el área foliar y como muestra la (Figura 3.18), con respecto al tallo alcanzó 13.89 % y 7.37 % en raíz (Figura 3.22).

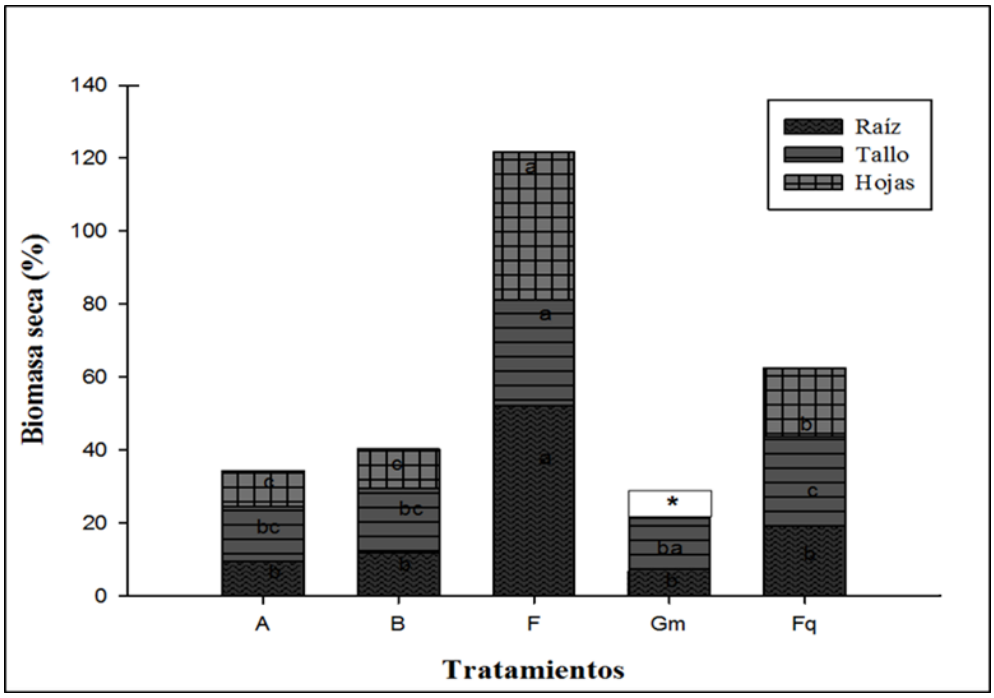

Figura 3.22 Biomasa seca en hojas, tallo y raíz evaluado a los 210 ddt en *A. obesum* durante la fertilización. A: agua (testigo); B: biomatter; F: ferticor; Gm: guano de murciélago; Fq: fertilizante químico *Biomasa de hojas no medido.

3.4.11. Concentración de nutrientes en sustratos y hojas de *A. obesum*

Los tratamientos presentados en esta variable son aquellos que demostraron significancia en la interacción de peso seco en hojas, ya que éstos alcanzaron la cantidad necesaria en gramos de materia seca para realizar el análisis.

En el análisis de concentración de nutrientes en el sustrato se encontró un mayor contenido de elementos en el tratamiento compuesto por bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % más el fertilizante químico y el tratamiento bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % más el ferticor (Cuadro 3.4) como el nitrógeno, fósforo, calcio, azufre..

Cuadro 3.4 Concentración de macro y micro nutrientes en sustratos evaluados a los 210 ddt en el crecimiento de *A. obesum*.

Tratamientos	NO^{-3}	P_2O_5	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}
						%					
S+A	0.64	0.03	3.02	0.010	3.45	0.01	0.01	0.29	20.88	0.12	0.02
S+B	0.57	0.06	3.01	0.010	3.60	0.01	0.02	0.27	21.63	0.11	0.01
S+F	0.62	0.08	3.64	0.010	4.01	0.01	0.02	0.29	22.89	0.11	0.02
S+Fq	0.53	0.04	2.60	0.010	3.05	0.01	0.00	0.23	24.08	0.08	0.01
AS+FC+F	0.59	0.32	0.76	0.010	6.58	0.01	0.01	0.13	5.55	0.09	0.07
FC+AS+V+F	0.59	0.36	0.76	0.010	6.83	0.01	0.02	0.16	7.05	0.07	0.01
FC+V+F	0.53	0.39	0.83	0.010	6.96	0.01	0.01	0.14	8.21	0.11	0.06
BH+V+AS+F	1.01	0.39	0.46	0.010	16.38	0.01	0.04	0.13	4.78	0.08	0.01
BH+V+AS+Fq	1.03	0.24	0.96	0.010	17.30	0.01	0.06	0.15	6.82	0.08	0.02

S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín; A: agua; B: biomatter; F: ferticor; Gm: guano de murciélago; Fq: fertilizante químico.

El bagazo de henequén pudo contribuir en el contenido de nitrógeno ya que naturalmente tiene 0.5 % de éste elemento (Borges *et al*., 2003). En el suelo se encontró mayor cantidad de hierro comparado con los otros tratamientos también se determinó una concentración alta de calcio y potasio. En la planta puede provocar deficiencias de fósforo (Figura 3.23) mientras que el magnesio y el sodio estuvieron en una concentración baja.

Figura 3.23 Deficiencia de fósforo en planta de *Adenium obesum*

Las concentraciones del calcio presentes en los tratamientos son más altos que lo reportado por Colombo (2016).

Sequí *et al*. (2004), mencionaron que en el suelo puede existir la presencia de algún elemento mineral en exceso que puede causar deficiencias porque está presente en un

estado físico-químico que no permite que la planta lo asimile. Esta situación puede presentarse en condiciones extremas de pH o en casos de antagonismos iónicos. De igual forma intervienen las características físico químicas de los sustratos empleados, afectando la disponibilidad de los nutrientes y la retención del mismo.

Bidwell (2000), Sequí, *et al*. (2004), indicaron que deficiencias de fósforo y potasio es obstaculizada por las altas concentraciones de calcio y hierro. La deficiencia de fósforo causó un lento desarrollo y achaparramiento en las plantas, también afecto en todos los aspectos del metabolismo vegetal y en el crecimiento, letargo de yemas laterales lo cual está relacionado con una deficiencia de nitrógeno, de igual forma se produce una acumulación de antocianinas en hojas y nervaduras foliares presentando una coloración roja o rojiza. Por consiguiente, el pH influyó en la absorción de los elementos, de acuerdo a los rangos de pH (7 a 7.7) obtenido en éste trabajo los elementos minerales como el manganeso y cobre presentaron concentraciones bajas en el sustrato, ya que su solubilidad es mejor en pH menor a 7.

En el análisis de nutrientes en las hojas secas se determinó que las plantas que crecieron en los tratamientos compuestos por suelo + agua, suelo + biomatter, suelo + ferticor y suelo + Fertilizante químico, presentaron una mayor acumulación de nutrientes como nitrógeno, potasio, magnesio, calcio, azufre y zinc. Seguido de las plantas que crecieron en el tratamiento compuesto por bagazo de henequén + viruta + aserrin + fertilizante químico (Cuadro 3.5).

El potasio y calcio determinado en las hojas secas presentaron concentraciones altas en todos los tratamientos, comparado con los otros elementos como el nitrógeno y fósforo. La cantidad de sodio fue mayor que el fósforo.

Cuadro 3.5 Concentración de macro y micro nutrientes evaluado a los 210 ddt en las hojas secas de *Adenium obesum*.

Tratamientos	NO^{-3}	P_2O_5	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}
						%					
S+A	2.26 ± 0.05	0.03±0.010	19.75±1.32	0.12±0.07	5.94±0.32	1.37±0.47	0.09±0.01	0.06±0.01	0.14±0.020	0.03±0.01	0.01±0.00
S+B	2.28±0.13	0.01±0.006	19.20±1.84	0.10±0.07	6.12±0.81	0.39±0.24	0.11±0.04	0.05±0.01	0.097±0.029	0.027±0.01	0.01±0.00
S+F	2.49±0.12	0.01±0.006	17.75±2.53	0.07±0.06	6.32±0.69	1.01±0.37	0.10±0.05	0.08±0.03	0.12±0.04	0.017±0.01	0.013±0.006
S+Fq	2.69±0.09	0.01±0.00	15.9±1.18	0.14±0.12	5.99±0.31	0.37±0.16	0.09±0.01	0.06±0.02	0.13±0.05	0.027±0.01	0.01±0.00
AS+FC+F	1.75±0.16	0.05±0.02	14.99±2.56	0.03±0.05	5.82±0.41	0.56±0.37	0.05±0.02	0.16±0.02	0.11±0.02	0.017±0.01	0.01±0.00
FC+AS+V+F	1.7±0.14	0.05±0.04	12.33±0.60	0.11±0.11	5.67±0.83	0.78±0.30	0.05±0.01	0.09±0.04	0.117±0.04	0.017±0.01	0.012±0.016
FC+V+F	1.59±0.16	0.04±0.03	10.57±3.10	0.05±0.06	4.99±0.93	0.55±0.36	0.05±0.04	0.16±0.07	0.23±0.16	0.023±0.01	0.008±0.004
BH+V+AS+F	1.68±0.28	0.05±0.03	13.81±3.46	0.17±0.17	6.48±0.65	0.42±0.30	0.04±0.01	0.05±0.02	0.107±0.02	0.017±0.01	0.01±0.00
BH+V+AS+Fq	1.71±0.00	0.02±0.00	25.59±0.90	0.0±0.00	7.41±0.38	0.01±0.03	0.03±0.01	0.06±0.04	0.15±0.04	0.027±0.02	0.01±0.00
CV	7.854849	63.57444	14.70234	107.8195	11.02112	44.50975	58.07949	35.74429	49.54632	43.20185	48.31937

S: suelo (testigo); AS+FC: aserrín + fibra de coco; FC+AS+V: fibra de coco + aserrín + viruta; FC+V: fibra de coco + viruta; BH+V+AS: bagazo de henequén + viruta + aserrín; A: agua; B: biomatter; F: ferticor; Gm: guano de murciélago; Fq: fertilizante químico.

Sequí *et al*. (2004), mencionaron que existen sinergismos y antagonismos a nivel fisiológico; (no en la absorción de los elementos sino en los efectos producidos en su absorción entre potasio y sodio y viceversa entre hierro, manganeso y zinc en forma simultánea, boro y calcio, pero no viceversa). El calcio desempeña un papel fundamental en la estabilidad de la membrana y en la integridad celular, ya que las elevadas concentraciones de éste elemento inhiben la actividad de las poligalacturonasas, responsables de la degradación de los pectatos. La concentración de potasio generalmente varía a lo largo del crecimiento de la planta. Los tejidos carnosos como frutos y hojas en sus etapas tempranas de desarrollo, contienen altos niveles de K, frutos pulposos como cápsulas de algodón ó uvas acumulan altos niveles de K. Por otra parte la mayor parte del K total en la parte aérea de plantas es absorbido al comienzo de la etapa reproductiva.

3.5. Conclusión

La intensidad de luz registrada en el invernadero fue de 168.42 $\mu molm^{-2}s^{-1}día^{-1}$ Y una temperatura de 30 a 35°C. El pH de los sustratos fue de 7.0 a 7.7 y una conductividad eléctrica de 1.9 a 4 mS^{-1}. Las plantas que estuvieron en suelo alcanzaron alturas de 27.5 cm, y un grosor del tallo de 25.02 mm. Con respecto a la aplicación del fertilizante las plantas tratadas con el ferticor midieron 15.7 cm de altura y un tallo de 22.98 mm. La máxima Tasa Absoluta de Crecimiento de las plantas fue a los 90 días después del trasplante (ddt) en el sustrato como en los fertilizantes. En la Tasa de Crecimiento Relativo las plantas tuvieron

una eficiencia de crecimiento de 60 a 90 ddt. El mayor desarrollo en número de hojas fue en las plantas crecidas en suelo. Las plantas que estuvieron en suelo presentaron mayor área foliar y desarrollaron raíz principal gruesa y abundantes raíces secundarias que midieron un volúmen de 45.6 cm^3, seguido por las plantas sembradas en contenedores con mezcla de sustratos compuesto de bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % con 23.25 cm^3. En el análisis de concentración de nutrientes del sustrato compuesto por bagazo de henequén 20% + viruta 40% + aserrín 40% + fertilizante químico y bagazo de henequén 20% + viruta 40% + aserrín 40% + ferticor se encontró la mayor cantidad de minerales de nitrógeno, fósforo, calcio y azufre. En el tratamiento suelo se determinó una concentración mayor de hierro. En cuanto al análisis foliar se determinó que lo tratamientos compuestos por suelo + agua, suelo + biomatter, suelo + ferticor y el tratamiento suelo + fertilizante químico tuvieron mayor presencia de macro y micro nutrientes.

3.6. Literatura citada

Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. McGRAW-HILL INERAMERICANA. EDICIONS UNIVERSITAT DE BARCELONA. 7-134 p.

Bidwell, R., G. S. 1993. Fisiología vegetal. A.G.T Editor, S.A. México, DF.75 p.

Borges-Gómez, L. Soria-Fregoso, M. Ruz-Febles, N. 2003. Contenido de macronutrimentos en sustratos de bagazo de henequén y excreta porcina y su efecto en el desarrollo de plántulas de papaya. Revista Chapingo Serie Horticultura (9): 291-304.

Bunt, A., C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, Londres. . 25.

Colombo R. C., Favetta V., Rodrigues de Melo, T., Tadeu de Faria, R., Aguiar e Silva M. 2016. Potting media, growth and build-up of nutrients in container-grown desert rose. AJCS. (10): 258-263.

Dimmitt, M. G. 1998. Adenium culture, growing large specimens, quickly. Cactus and Succulent J (US). (70): 59-64.

Gayosso-RodrígueZ S., Borges-Gómez L., Villanueva-Couoh E., Estrada –Botello A., Garruña-Hernández R 2016. Sustratos para producción de flores. Substrates for growing flowers. Agrociencia. (50): 617-631

García, L. 2011. Biorreguladores de crecimiento, fertilizantes químicos y orgánicos en tomate (Lycopersicon esculentum MILL.) de invernadero. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. 15-18 p.

Giménez, C. 1992. Bases fisiológicas de la producción hortícola. En: Nueva Horticultura, Ramos, E. y Rallo L. (Eds.), Ed. Mundi Prensa, Madrid. 183 p.

McBride, K., Henny, R., J. Chen J. and Mellich3 T., A. 2014. Effect of Light Intensity and Nutrition Level on Growth and Flowering of Adenium obesum 'Red' and 'Ice Pink'. Hortscience (49):430–433.

McBride, K., Henny, R., J. Mellich, T., A., y Chen, J. 2014. Mineral Nutrition of Adenium obesum 'Red'. Hortscience (49):1518–1522.

Molina, N., C. 2014. Efecto de cuatro biofertilizantes en la producción de estolones y frutos de fresa. Universidad nacional Autónoma de México.17-18 p.

Rose, R., D. L. Haase, F. Kroiher, and T. Sabin. 1997. Root volume and growth of ponderosa pine and Douglas-fir seedlings: A summary of eight growing seasons. Western Journal of Applied Forestry (12):69-73.

Ribeiro da Cunha,. Katz, I.,De Pádua, S., A. Martinez, U. R A. 2015. Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de l*isianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. IDESIA (Chile) (33):97-105.

Sequi, P. y Piaggesi, A. 2004. Los microelemtos e n la nutrición mineral. Meta.srl. Corso Trento e Triestge ,43-66034. LANCIANO (ch). Italia. 16-71 p.

Sedano, G. González, V. Engleman, E. Villanueva, C.2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. Revista Chapingo Serie Horticultura 811): 291-297.

Torres de la N. W. 1984. Análisis del Crecimiento de las Plantas. INCA. Cultivos Tropicales. La Habana, Cuba. 38 p.

Vargas, T., P., J. Z. Castellanos R., J. J. Muñoz R., P. Sánchez G., L. Tijerina C., R. M. López R., C. Martínez S., y J. L. Ojodeagua A. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. Agr. Téc. Méx. (34): 323-331

Watson, D., J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf areas between species, and within the between years". Ann. Bot (11): 41-76.

IV.- CONCLUSIONES GENERALES

CAPITULO II.- Acondicionamiento de tratamientos pregerminativos de semillas de *Adenium obesum.*

La adición de reguladores de crecimiento vegetal adelantan y mejoran el tiempo de germinación de las semillas de *A. obesum.*

CAPITULO III.-Evaluación de sustratos con nutrición orgánica en plantas de *A. obesum*.

El tratamiento suelo y la aplicación del fertilizante ferticor presentó plantas más altas y tallos gruesos.

La mezcla compuesto por bagazo de henequén 20 % +viruta 40 % + aserrín 40 % presentó resultados favorables en las variables altura, área foliar y biomasa seca.

En el análisis de las mezclas de sustratos se encontró un antagonismo por el alto contenido de hierro y calcio, provocando deficiencia de fósforo y potasio en las plantas.

En el análisis de nutrientes en hojas secas se encontró que las plantas que estuvieron en en el tratamiento compuesto por la mezcla bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % + ferticor y bagazo de henequén 20 % + viruta 40 % + aserrín 40 % + fertilizante químico obtuvieron una mayor concentración de macro y micro nutrientes.