

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta de la Nutrición Mineral, en Tres Especies de Cactáceas Ornamentales,  
Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**SUSANA PÉREZ DOMÍNGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de la Nutrición Mineral, en Tres Especies de Cactáceas Ornamentales,  
Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

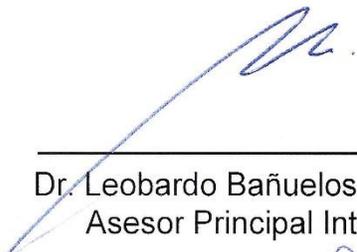
**SUSANA PÉREZ DOMÍNGUEZ**

TESIS

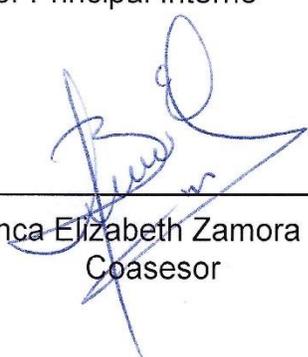
Presentada como requisito para obtener el título de:

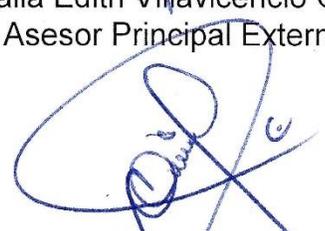
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

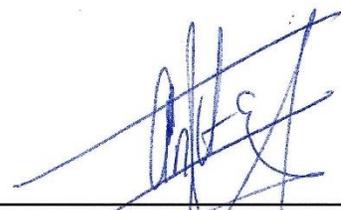
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Asesor Principal Interno

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Antonio Cano Pineda  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A Dios***

*Doy gracias a Dios por haberme permitido terminar con éxito esta meta, gracias por su compañía en todo momento, aunque mis ojos no lo ven, mi corazón lo siente, porque su amor por mí es sincero y el esfuerzo es de Dios. Siempre existe una razón para luchar, pero las personas que no tienen razones para seguir como yo, se superan por el esfuerzo y la misericordia de Dios y eso es hermoso por que dependemos totalmente de él. Sinceramente no sé cómo agradecerle a alguien tan hermoso y tan bueno las cosas tan grandiosas que hace por mí y cada uno de nosotros. Es increíble que el tiempo parezca que puede curar todo, pero no es el tiempo es el amor de Dios para darnos una oportunidad cada día.*

### ***A mi Alma Terra Mater***

*A mi querida y bella “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” por aceptarme y dejarme ser un Buitre, es un honor ser parte de ustedes, me enseñaron a valorar y a esforzarme para mejorar mis aprendizajes, pero algo que realmente aprecio de mi Narro es que la humildad nunca debe de desaparecer de nosotros sobre todo nunca olvidarnos de nuestras raíces. Gracias mi UAAAN y deseo de todo corazón que Dios multiplique sus frutos y que la fragancia del amor aumente cada día más en nuestra querida “Alma Terra Mater”.*

### ***M.C Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez***

*Gracias por abrirme una oportunidad para terminar mi carrera yo se que no fue fácil, pero lo logramos gracias a usted. Gracias por su tiempo y dedicación. Deseo de todo corazón que les vaya muy bien a usted y a su familia que el amor de Dios los llene de alegría y que la salud nunca les falte.*

### ***Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera***

*Gracias por no dejarme sola, y gracias por el esfuerzo que hicieron en atenderme. Aunque al principio el Dr. Leobardo en sus clases me daba miedo por su carácter fuerte de enseñarnos lo que sabe, me di cuenta que su trabajo lo hace para sacar nuestro carácter, nuestra timidez y nuestra capacidad. El Dr. Bañuelos*

*es una persona con valores sinceras y su trabajo que realiza lo hace de todo corazón y su humildad se ve reflejada en su actitud. Gracias le doy a Dios por tener a un maestro como él.*

***M.C Blanca Elizabeth Zamora Martínez***

*Gracias por que me ayudó mucho en corregir mis trabajos y esperar con paciencia las cosas, yo no tuve clases con ella y aun así me abrió las puertas de su oficina para atenderme sin conocerme enserio gracias. De todo corazón le deseo lo mejor aparte de salud, que el amor y la calidez de su familia nunca les falte.*

***A CANESNA***

*Por ser la familia que nos abrazó y apoyó desde el comienzo de nuestra carrera, gracias por nos recibieron con su afecto tan cariñoso y buenos que Dios Bendiga esta iglesia y que cada semilla que siembren crezca y déan fruto.*

***A los Pastores***

*Rogelio y Coky, quienes nos brindaron su apoyo durante toda nuestra estancia en Saltillo.*

***A mis amigas***

*Gracias a mis amigas por ser parte de mi vida, porque me ayudaron con sus palabras y sus consejos, por su poco cariño físico, pero demasiado cariño interior, sacaban siempre una sonrisa de mí, es un honor tener unas amigas tan lindas como ellas, cuando le pedí a Dios por una amiga me envió de al montón. Gracias por que me enseñaron que la religión no es ningún impedimento para convivir con ustedes. Por qué cada una es distinta a la otra y aun así andábamos más juntas que nunca. Discúlpenme porque también tuve actitudes feas con ustedes a veces las malas emociones nos ganan y no sabemos cómo remediar las cosas discúlpenme por las ofensas amigas. Les deseo de todo corazón que nunca les falte nada a su familia y tampoco a ustedes las quiero amigas y gracias por brindarme su amistad.*

*Carmen Ramírez, Genoveva García, Concepción Cruz, Elia Ruth López, Deyalem Yamín Adame, Elizabeth Torres, Cruzy Estrella Moreno.*

*¡¡Gracias a ustedes por demostrarme que las buenas personas con valores aun existen!!*

## DEDICATORIA

### *A mis Padres*

*Sra. Tomasa Domínguez Ríos y Sr. Aquileo Pérez*

*Gracias por que juntos construyeron en mí una persona con valores. Gracias por que me corrigieron y me dieron la oportunidad de seguir adelante, me apoyaron hasta el momento de mi carrera junto con mi hermano.*

*A mi Madre, Dios te dio la valentía y el carácter de seguir luchando por mi y por mis hermanos. Gracias por tus oraciones todas las noches pidiéndole a Dios que no nos falte nada y que nos ayude en todo momento. Siempre me acordare de tu paciencia de atenderme a mi y a mis hermanos, y siempre me acordare que no solo de nosotros también fuiste a la cárcel, al hospital, y también a diario ibas a orar por los enfermos que estaban en casa, hasta estabas en los velorios de personas que no conocías. Mi mama es una guerrera de Dios. Gracias mama por todo sabias que eres una mujer virtuosa aun no teniendo a tu mama desde pequeña aprendiste hacerlo con ayuda de Dios. Te quiero mama.*

*A mi Padre, Dios le dio las fuerzas y la actitud de mejorar cada cosa que hace, mi papa es de lo mejor, que más le puedo pedir a Dios sin vicios y con mucha salud. Gracias papá porque con mucho esfuerzo de su trabajo nos sacó adelante. Perdóname papá porque yo no supe valorar en su momento las veces que llegabas lastimado a la casa, llegaba con clavos enterrados o espinas enterradas, y lleno de mezcla por toda la ropa ahora veo que tu actitud no cualquier padre la tiene, soy afortunada en tener un padre como tu gracias Padre te quiero.*

### *A mis Hermanos*

*Uriel Pérez Domínguez. El hermano que nunca se olvidó de nosotros gracias por preocuparte de nosotros, aunque te fuiste lejos siempre estuviste al pendiente de nosotros, te extrañamos tanto y te queremos tanto, espero algún día conocer a tu familia te quiero hermano.*

*Ruth Miriam Pérez Domínguez. La hermana amorosa que me defendía de todo, Gracias por tus consejos y darme a unos sobrinos hermosos te deseo lo mejor hermana.*

*Samuel Pérez Domínguez. el hermano que nos invita a soñar aún más lejos.*

*Abraham Raúl Pérez Domínguez el hermano menor que nos enseña a depender totalmente de Dios.*

*A mi abuela Pastora Pérez*

*Por su calidez y ternura siempre se pone feliz cuando nos ve. Gracias le doy a Dios por permitirme seguir teniendo una abuela que también cree en él.*

*A mi amiga*

*Mayra León espino. gracias por estar conmigo desde que nos conocemos, nunca pensé encontrar una persona como tu tan linda y llena de valores. Gracias a le doy a Dios, porque los años que tengo de conocerte fueron suficiente para confiar en ti. Le pido a Dios tanto por ti, que nunca te falte la felicidad y que te encuentres a un esposo maravilloso alguien, que tu merezcas te quiero demasiado amiga y tú lo sabes. Perdóname por todas las veces que te he ofendido te quiero mucho Mayra.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	xi
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
Objetivo General .....	2
Objetivos específicos .....	3
Hipotesis .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Descripción de la familia Cactaceae .....	4
2.2. Clasificación taxonómica .....	5
2.3. Géneros y especies de la familia Cactaceae.....	6
2.4. Distribución y usos .....	6
2.5. Importancia .....	7
2.6. Regiones con riqueza de Cactáceas en México .....	8
2.7. Endemismo .....	8
2.8. Morfología y fisiología de las cactáceas .....	9
2.8.1. Tallo .....	10
2.8.2. Costillas .....	10
2.8.3. Mamilas .....	11
2.8.4. Aréolas .....	11
2.8.5. Espinas .....	11
2.8.6. Flor .....	12
2.8.7. Fruto .....	13
2.8.8. Semilla .....	14
2.8.9. Raíz .....	14
2.9. Cactáceas ornamentales .....	14
2.10. Propagación de las Cactáceas .....	16
2.10.1. Reproducción por semilla .....	16
2.10.2. Propagación vegetativa .....	17
2.10.3. Cultivo de tejidos vegetales .....	18
2.11. Descripción botánica .....	19
2.11.1. Viejito ( <i>Cephalocereu senilis</i> (Haworth), Pfeiffer.) .....	19
2.11.2. Biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> (De Candolle) Britton y Rose.) .....	20
2.11.3. Erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) .....	22
2.12. Producción plantas en contenedor .....	23
2.12.1. Riego .....	23
2.12.2. Sustrato .....	23
2.12.3. Importancia de los nutrientes en el crecimiento de las plantas .....	24
2.12.4. Nutrientes y sus funciones .....	25

2.12.5. Solución Nutritiva .....	27
2.13. Respuesta de las Cactáceas a la Fertilización .....	30
2.14 Plagas y Enfermedades más Comunes en las Cactáceas .....	32
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. Localización del Sitio Experimental .....	35
3.2. Material Vegetativo .....	35
3.3. Establecimiento del lote experimental.....	35
3.4. Diseño experimento .....	36
3.5 Variables crecimiento vegetativo .....	38
3.6 Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) .....	39
3.7 Análisis estadístico .....	39
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>41</b>
Influencia de especies .....	41
Influencia de concentraciones .....	43
Influencia del balance nutrimental .....	45
Viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> Haw) .....	48
Influencia de concentraciones .....	48
Altura ( <i>At</i> ) .....	48
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	48
Influencia del balance nutrimental .....	49
Altura ( <i>At</i> ) .....	49
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	49
Influencia de tratamientos .....	50
Biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> de Candolle) .....	55
Influencia de concentraciones .....	55
Altura ( <i>At</i> ) .....	55
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	55
Influencia del balance nutrimental .....	56
Altura ( <i>At</i> ) .....	56
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	56
Influencia de tratamientos .....	57
Altura de las plantas ( <i>At</i> ) .....	57
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	59
Materia fresca y seca del tallo y raíz .....	59
Concentración total de N, P y K en la planta .....	60
Biznaga erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) .....	65
Influencia de concentraciones .....	65
Altura ( <i>At</i> ) .....	65
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	65
Influencia del balance nutrimental .....	66
Altura ( <i>At</i> ) .....	66
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	66
Influencia de tratamientos .....	67
Altura de las plantas ( <i>At</i> ) .....	67
Diámetro promedio ( <i>Dp</i> ) .....	68
Materia fresca y seca del tallo y raíz .....	69
Concentración total de N, P y K en la planta .....	71

<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	76
ANEXOS .....	77
Análisis del viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> Haw) .....	77
Análisis de la Biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> De Candolle) .....	78
Análisis de Erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) .....	79
<b>Literatura citada</b> .....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Síntomas de las plantas por deficiencias y excesos .....	26
2	Fertilización en especies de cactáceas y otras agaváceas ..	32
3	Tratamientos de fertilización considerando concentración (mg*L-1) y balance nutrimental en la fertilización de plántula de cactáceas .....	37
4	Fertilizantes comerciales empleados por productores de cactáceas .....	38
5	Solución nutritiva Steiner .....	38
6	Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en plantas de barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> (DC.) Britton y Rose) en invernadero después de 153 DDT con distintas concentraciones y balances nutrimentales .....	60
7	Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en plantas del melón de greña ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero después de 153 DDT con distintas concentraciones y balances nutrimentales .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> (Haworth), Pfeiffer) .....	19
2	Biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> (De Candolle). Britton y Rose .....	20
3	Erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) .....	22
4	Materiales utilizados, preparación soluciones, esterilización sustrato, en macetado, trasplante y medición de variables .....	40
5 (a)	Crecimiento final en altura (At) de cactáceas ornamentales; 1) viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> ), 2) biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> ) y 3) erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	41
5 (b)	Crecimiento final en el Diámetro promedio (Dp) de cactáceas ornamentales; 1) viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> ), 2) biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> ) y 3) erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	42
6 (a)	Influencia de la concentración nutrimental en el crecimiento a) Altura final (At) de cactáceas ornamentales; 1) viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> ), 2) biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> ) y 3) erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	43
6 (b)	Influencia de la concentración nutrimental en el crecimiento b) diámetro promedio (Dp) de cactáceas ornamentales; 1) viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> ), 2) biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> ) y 3) erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero. ....	44
7	Influencia del balance nutrimental en el crecimiento a) Altura (At) y b) diámetro promedio (Dp) de cactáceas ornamentales; 1) viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> ), 2) biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> ) y 3) erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	46
8	Influencia de la concentración nutrimental del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) del Viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> Haw), en invernadero .....	48
9	Influencia del balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) del Viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> Haw), en invernadero .....	50
10	Influencia de la concentración y balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) del Viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> Haw), en invernadero .....	51
11	Comparación en altura y diámetro de las plantas del viejito ( <i>Cephalocereus senilis</i> (Haworth), Pfeiffer.) sin fertilizar y planta*s con los tratamientos de fertirriego en invernadero .....	53
12	Influencia de la concentración nutrimental del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> de Candolle) en invernadero .....	56
13	Influencia del balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> de Candolle) en invernadero .....	57
14 (a)	Concentración y balance nutrimental de N,P,K en el fertirriego en la altura de planta (a) de la biznaga "barril azul" ( <i>Ferocactus glaucescens</i> (DC.) Britton & Rose, en invernadero .....	58

14 (b)	Concentración y balance nutrimental de N,P,K en el fertirriego en el diámetro promedio (b) de la biznaga “barril azul” ( <i>Ferocactus glaucescens</i> (DC.) Britton & Rose, en invernadero .....	59
15	Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga barril azul ( <i>Ferocactus glaucescens</i> de Candolle) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero .....	62
16	Influencia de la concentración nutrimental del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga “Erizo” ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	65
17	Influencia del balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga “Erizo” ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	66
18 (a)	Influencia de la concentración y balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (At) de la biznaga “Erizo” ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	68
18 (b)	Influencia de la concentración y balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en el diámetro promedio (Dp) de la biznaga “Erizo” ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) en invernadero .....	69
19	Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga Erizo ( <i>Melocactus matanzanus</i> León) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero .....	73

## RESUMEN

En tres cactus ornamentales; “viejito” (*Cephalocereus senilis* (Haworth), *Pfeiffer.*)), biznaga “barril azul” (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton & Rose) y plantas de “erizo” (*Melocactus matanzanus* León) se evaluaron cuatro concentraciones nutritivas (100, 200, 400 y 800 mg L<sup>-1</sup>) de fertilizantes solubles en interacción con tres niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100). Estos tratamientos se compararon con la solución nutritiva de Steiner al 25% y 50% y con dos testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20). Las variables de respuesta; altura de la planta (*At*, cm), diámetro promedio del tallo (*Dp*, cm), peso fresco y seco del tallo y raíz (g) y concentración de N, P y K (g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca) en la planta. A los 153 DDT existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre especies, las plantas de la “biznaga azul” superaron al final de la evaluación al resto de las especies evaluadas con mayor *At* (5.79 cm) y *Dp* (5.76 cm). Le siguieron las del “viejito” con un *At* de 5.04 cm, mientras que las plantas de “erizo” registraron la menor *At* de 4.81 cm; sin embargo, éstas últimas registraron mayor *Dp* (5.43 cm) que las plantas del viejito, (*Dp*, 3.78 cm). Entre concentraciones y balances nutrimentales existieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). La solución nutritiva Steiner al 25% y 50% superaron a los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) y al resto de los tratamientos evaluados. Se hizo un ANOVA y una prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) por especie. Con el “viejito” la solución nutritiva Steiner al 50 % junto con el testigo comercial Triple 17 fueron los tratamientos de fertirriego que promueven el crecimiento en invernadero registrando a los 153 DDT, plantas con una *At* de hasta 5.76 cm y *Dp* de 4.34 cm. Con la “biznaga azul” la solución nutritiva Steiner al 50% y la solución nutritiva con la concentración de 800 mg L<sup>-1</sup> en interacción con el balance 100-50-100 de N,P,K generaron plantas con mayor biomasa y tamaño comercial (altura y diámetro de tallo superior a 6 cm), refiriendo que la relación N:K influyen en este proceso. Estos mismos tratamientos junto con la solución Stainer al 25% fueron significativos en las plantas de “erizo” obteniendo plantas con mayor biomasa y tamaño comercial (altura y diámetro de tallo superior a 5 cm). Con la “biznaga azul” y “erizo” el aporte de materia seca de nitrógeno (N) fue de 5.6 g\*kg<sup>-1</sup>, fósforo (P) de 1.75 g\*kg<sup>-1</sup> y potasio (K) de 9.28 g\*kg<sup>-1</sup>, siendo este último elemento de mayor concentración en la planta. Otros macroelementos secundarios aportados fueron el calcio (90 mg\*L<sup>-1</sup>) magnesio (24.5 mg\*L<sup>-1</sup>) y azufre (56 mg\*L<sup>-1</sup>). La solución nutritiva de 800 mg\*L<sup>-1</sup> con el balance 100-50-100 de N,K,P el aporte de nitrógeno (N) y fósforo (P) fue semejante, pero el potasio (K) asimilado por las plantas fue mayor (20.03 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca), mostrando que en esta etapa la demanda de K en la planta fue superior a la de N. Las plantas con solución Steiner al 50%, muestran diferencias en vigor, coloración de tallo y rigidez visual en sus espinas, lo que representa para el productor obtener tamaño y calidad comercial del producto.

**Palabras clave:** cactáceas, nutrición, plantas ornamentales.

## I. INTRODUCCIÓN

Las plantas ornamentales forman parte de las tradiciones y han estado presentes en la vida diaria de nuestra sociedad. Estas plantas han representado la cultura y tradiciones de pueblos y regiones, según el clima donde crecen, las cuales se han sumado a las variedades de otros países, para constituir una oferta de productos ornamentales representada por plantas de maceta, árboles, follajes y flores de corte que constituyen el perfil del sector ornamental nacional.

Las cactáceas ornamentales mexicanas y cubanas aportan valores estéticos en el país y en todo el continente. En México existen especies nativas en el Desierto Chihuahuense (Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Querétaro), Desierto Sonorense (Sonora) y de los estados de Baja California Sur, Tamaulipas, Oaxaca e Hidalgo (Guzmán, *et al.*, 2003; Villavicencio, *et al.*, 2010).

De acuerdo con la Organización Mundial del Comercio, México ocupó en el mercado internacional el 46<sup>avo</sup>. lugar como exportador, alcanzando solo el 1% del total de las exportaciones mundiales, con un rendimiento de un millón de dólares. Esta actividad con el paso del tiempo se ha venido consolidado, en las dos últimas décadas la horticultura ornamental ha presentado muchos cambios; se ha incrementado el número de productores y especies ornamentales en flores, follajes de corte y planta de maceta, se han integrado nuevas regiones al cultivo y ha aumentado la superficie de producción bajo invernadero o malla sombra. Actualmente se producen y comercializan más y mejores especies que compiten con variedades tradicionales, ampliando la diversidad de productos que llegan al mercado, en donde la popularidad de las cactáceas como plantas de ornato en jardines, parques y espacios visuales, está creciendo por lo que es una oportunidad para que los productores de cactáceas puedan incrementar sus productos y ampliar su mercado (SIAP-SAGARPA, 2013; Gámez, *et al.*, 2016 y Martínez, 2015).

La flora de México, es considerada una de las más ricas y variadas del mundo y dentro de ella las cactáceas juegan un papel muy importante, ya que son plantas de lento crecimiento que presentan gran variedad de formas, con flores muy vistosas, que se desarrollan en los ambientes áridos y semiáridos de México. Estas en su medio natural tienen una reproducción limitada y lento crecimiento. Sus poblaciones naturales son vulnerables a la extracción ilegal, al efecto del cambio de uso del suelo por la urbanización y actividades agropecuarias, lo que han originado su erosión genética y su actual estatus de riesgo.

Estas especies nativas por su rareza y belleza se utilizan en la jardinería como planta de maceta de interior y exterior. Las cactáceas consideradas como plantas ornamentales requieren de la implementación de tecnologías de producción y propagación para que sean cultivares comerciales rentables bajo condiciones de invernadero. En un sistema intensivo de producción de plantas de maceta de especies o variedades de interés comercial como es este caso, el aspecto nutricional es importante para el desarrollo de este cultivar. El presente estudio tuvo como finalidad la producción de cactáceas globosas semi columnares estableciendo los requerimientos nutricionales de cada cultivar, para que mediante el fertirriego se puedan satisfacer en estas plantas xerófitas sus requerimientos nutricionales, logrando un desarrollo eficiente y generar un producto de calidad comercial que es finalmente lo que los productores solicitan para la comercialización de este tipo de productos.

### **Objetivo general**

- Determinar en invernadero la influencia de la nutrición en tres especies de cactáceas ornamentales para promover el desarrollo de plantas en maceta en invernadero.

### **Objetivos específicos**

- Seleccionar la concentración nutrimental (100, 200, 400 y 800 mg L<sup>-1</sup>) de fertilizantes solubles en interacción con tres niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100) que promueve el crecimiento en plantas de maceta.
- Evaluar la respuesta de dos niveles de la solución nutritiva Steiner (25% y 50% y dos fertilizantes comerciales (Triple 17 y Triple 20).
- Determinar la concentración total de N, P y K en la planta.

### **Hipótesis**

Las soluciones nutrimentales equilibradas, aumentan la velocidad de crecimiento y desarrollo de tres especies de cactáceas ornamentales reduciendo su ciclo de producción en invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Descripción de la familia Cactaceae

La familia de las cactáceas es originaria del continente americano y apareció hace cerca de 80 millones de años (Gibson y Nobel, 1986; Jiménez, 2011). La familia Cactáceae en América cuenta con aproximadamente 4, 000 especies. México cuenta con 675 especies como lo refieren Gámez, et al., (2016) y Guzmán et al. (2003), la mayoría de estas especies son endémicas, siendo nuestro país el centro de origen y el de mayor diversidad del mundo junto con las familias Crassulaceae y Agavaceae (Monroy, et al., 2014).

La familia Cactaceae agrupa a una gran diversidad de plantas, entre las que destacan los cactus columnares (viejitos y tetechos); los cactus candelabroiformes (cardones, órganos y pitayas); las biznagas y biznaguitas (chilitos); algunas trepadoras como los nopalillos (*Heliocereus* spp.); las pitahayas (*Hylocereus* spp.), y una gran variedad de nopales, entre otras (Sierra, 2011).

Las cactáceas son plantas apreciadas en todo el mundo por la belleza y colorido de sus flores, cuentan con rasgos morfológicos y fisiológicos que les permiten habitar exitosamente ambientes áridos y semiáridos. Estas plantas en su proceso evolutivo de selección natural han adquirido estructuras, formas y estrategias que les han permitido afrontar ambientes hostiles (Choreño, 2001). Poseen tallos suculentos que les permiten almacenar grandes cantidades de agua y espinas en lugar de hojas que dan protección a los ápices (Señoret, 2013).

La familia Cactaceae comprende tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae como lo refiere Scheinvar (2009). Esta familia botánica también está relacionada con las Anacampserotaceae, Portulacaceae y

cinco familias más que integran el suborden Portulacineae de las Caryophyllales (Nyffeler, *et al.*, 2010; Arias, *et al.*, 2012).

Las cactáceas son plantas dicotiledoneas que se dividen en tres subfamilias de plantas perennes (Britton and Rose, 1919-1923; Bravo-Hollis, 1978).

1. Subfamilia Pereskioideae: cactáceas primitivas en forma de arbustos espinosos. Tallo y ramas leñosas, de forma cilíndrica, con hojas grandes y persistentes con aréolas y ausencia de gloquidios, flores pedunculadas, similares a las de las rosas primitivas, semillas sin arilo. Las especies de esta subfamilia se distribuyen en el centro de México, Caribe, América Central y parte de los Andes.
2. Subfamilia Opuntioideae: son plantas de tallo suculento, corto, cilíndrico o globuloso; hojas persistentes con tres espinas por aréola, flores solitarias y apicales. Esta subfamilia se distribuye en Argentina y Chile. En México esta subfamilia está representada por tres géneros (Pereskia, Nopalea y Opuntia), (Bravo, 1978).
3. Subfamilia Cactoideae: es la más diversa con 1300 especies representada por arbustos cespitosos, trepadores o epífitos, con raíces fibrosas o tuberosas, tallos no segmentados y ausencia de gloquidios. Esta subfamilia se subdivide en nueve tribus, en donde una de ellas es la tribu Cacteae.

## 2.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae  
Filo: Tracheophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Caryophyllales  
Familia: Cactaceae  
Subfamilia: Cactoideae  
Tribu: Pachycereeae  
.. Tribu: Cacteae  
Tribu: Cereeae

En el orden Caryophyllales también encontramos las familias: Mesembriantemaceae, Didiereaceae y Portulacaceae, donde los cactus comparten similitudes en la morfología floral, en la estructura de las semillas, la succulencia, el tipo CAM y los pigmentos del grupo de las Betalaínas (Ostolaza, 2014).

### **2.3. Géneros y especies de la familia Cactaceae**

Existen diferencias en cuanto al número de géneros y especies con que cuenta la familia Cactaceae, Anderson (2001) reporta que existen cerca de 126 géneros y 1900 especies; mientras que Hunt (2006) refiere que son 124 géneros con 1438 especies. México alberga cerca del 45 por ciento de las especies de cactáceas del mundo, con aproximadamente, 63 géneros, 669 especies y 224 subespecies, de los cuales un 79 por ciento son endémicas (Arias, 1993; Arias, *et al.* 2012; Guzmán, *et al.*, 2003).

### **2.4. Distribución y usos**

Son endémicas del Continente Americano, su distribución abarca desde Canadá hasta la Patagonia y comprenden entre 1530 y 2000 especies (Bravo y Scheinvar, 1999).

En América existen algunas otras regiones relativamente ricas en especies de cactáceas, como el suroeste de los Estados Unidos de América, el noreste de Brasil y la porción norte de Argentina junto con algunas regiones de Bolivia y Perú (Bravo y Scheinvar, 1995). Algunas de las regiones que registran una alta diversidad florística de cactáceas en México son el valle de Tehuacán - Cuicatlan, localizado en los estados de Puebla y Oaxaca, el altiplano potosino y sur de Nuevo León, los valles intermontanos de Hidalgo y Querétaro y los bosques deciduos y espinosos de Tehuantepec.

En México encontramos también un alto grado de endemismo con aproximadamente 18 géneros (35%) y 715 especies de cactus (84%) que existen únicamente en nuestro país (Becerra, 2000). Es un grupo de plantas con más nombres comunes como; nopales, biznagas, tetechos, viejitos, peyotes, garambullos, cardones, pitahayas, xoconostles, órganos y más usos como

alimento (frutos recolectados), forraje, medicina, cercos vivos, plantas ornamentales, como lo refieren Reyes y Arias, (1995). También se han usado en el manejo ambiental como cercos vivos para retener el suelo, en la industria como fuente de mucílagos, gomas, pectinas y colorantes; pero su uso más común, quizá sea como plantas de ornamento (Becerra, 2000).

## **2.5. Importancia**

Es importante atender la problemática de la protección y conservación de este recurso fitogenético. Se debe tener en consideración que la mayoría de las especies de cactus son endémicas, se encuentran en estatus de riesgo y pertenecen a poblaciones pequeñas. Esto es una de las razones por las que esta familia botánica tiene un alto grado de vulnerabilidad a la erosión genética. Otro aspecto es que se siguen registrando nuevas especies, por lo que se conoce muy poco de su biología. A esto se agrega el hecho de que la mayoría de las especies son de lento crecimiento y tienen ciclos de vida muy largos. Vemos pues que sus características tanto biológicas, como ecológicas hacen de las cactáceas un grupo importante altamente vulnerable (Alanis y Velasco, 2008; Becerra, 2000).

Otro aspecto radica en su valor ecológico, en su hábitat las poblaciones de cactus reducen los efectos de la erosión hídrica y eólica, además son albergue y alimento para muchos animales silvestres. Su uso tiene un impacto económico, en algunas especies nativas se usa el fruto (tunas) para la obtención de aguas frescas y licores, el tallo de las plantas de *Echinocactus* se usa como dulce que sirve de acompañamiento en platillos típicos y postres. La importancia de las cactáceas radica también en otros usos como; el medicinal, forrajero, biocombustible, textil, abono verde, colorantes y como planta de ornato (Nobel, 1998; Jiménez y Torres, 2003).

La fascinación que existe de las cactáceas como plantas de ornato es una de las razones por las cuales en la actualidad se les considera como uno de los grupos más amenazados de la flora mexicana (Jiménez, 2011).

## **2.6 Regiones con riqueza de Cactáceas en México**

Una de las regiones con mayor riqueza de cactáceas se ubica en el Desierto Chihuahuense, registrando un alto nivel de endemismo a nivel genérico y específico (Godínez, *et al.*, 2007).

La zona árida Queretano–Hidalguense es otra región que contiene uno de los principales ensamblajes de cactáceas endémicas del país, donde varias especies están dentro de alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 vigente (SEMARNAT, 2010).

## **2.7. Endemismo**

Una de las razones por las cuales muchas especies de cactáceas se encuentran en estatus de riesgo, se debe al gran endemismo de sus poblaciones. El endemismo se refiere a que sus poblaciones sólo se encuentran en una determinada área geográfica.

Jiménez, (2011) refiere que, de los 913 taxones registrados para México, 518 especies (25 géneros) y 206 subespecies son endémicas del país; es decir, que el 80% de los taxones que habitan en nuestro país, no se encuentran en ninguna otra parte del mundo.

Cabe destacar que la extensión geográfica ocupada por una especie endémica es muy variable, algunas especies endémicas tienen una amplia distribución, ocupando varios estados; sin embargo, otras son de una distribución muy restringida donde existe una alta especificidad ambiental de sus poblaciones.

El endemismo de las especies nativas, así como su lento crecimiento y metabolismo CAM, son aspectos que las poblaciones tienen que enfrentar para sobrevivir en climas adversos con escasez de agua. Esto sumado a la depredación y el saqueo tanto de ejemplares adultos como de semillas ha provocado la destrucción de su hábitat natural, lo que ha traído como consecuencia que un gran número de especies se encuentren actualmente

amenazadas, sujetas a protección o en peligro de extinción (Rojas, 2017; Sierra, 2011).

## **2.8. Morfología y fisiología de las cactáceas**

Las cactáceas son plantas suculentas, esto significa que acumulan agua en alguna de sus estructuras como raíz y tallo. Este tipo de plantas han sufrido varias modificaciones para poder adaptarse y sobrevivir al ambiente al que están expuestas (Bravo y Scheinvar, 1995).

Son plantas que se han adaptado a condiciones adversas, modificando su metabolismo, cierran las estomas de día en las horas de máxima insolación y los abren al amanecer, atardecer y al anochecer, de esta forma “ahorran” agua. Lo que las distingue del resto de las plantas (Señoret, 2013).

Estas adaptaciones les permiten enfrentar las condiciones climáticas adversas en su medio natural dentro de las zonas áridas. Al igual que otras plantas como las crasuláceas y los agaves, realizan la fotosíntesis por medio de un mecanismo conocido como metabolismo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas). Esto les permite realizar la fotosíntesis con un desfase en el tiempo. Durante la noche, cuando la temperatura es menor, se abren las estomas para realizar el intercambio gaseoso y el bióxido de carbono captado es almacenado en el tejido de la planta en forma de ácido. Durante el día cesa la transpiración y aprovechando la luz solar, la planta realiza la síntesis de carbohidratos utilizando el bióxido de carbono almacenado durante la noche. Al no transpirar durante el día, la planta evita la pérdida excesiva de agua (Becerra, 2000).

La gran variedad de hábitat ha permitido que se desarrollen formas de lo más, exóticas y dispares; mientras, algunas cactáceas apenas sobresalen del suelo, otras alcanzan varios metros de altura; éstas son plantas cubiertas de espinas hasta aquellas que no la presentan; también existen cactáceas con hojas (las menos evolucionadas). Por lo común tienden a producir flores y frutos muy vistosos y de varios colores. Incluso la forma de las flores, granos de polen y semillas, ayudan a los científicos a diferenciar una especie de otra, pues al ser

plantas con una historia evolutiva cercana tienden a presentar similitudes genéticas (Nobel, 1998).

### **2.8.1. Tallo**

Presentan varios tipos de tallos suculentos (globoso, cilíndrico o columnar), altos o pequeños que les permiten almacenar y conservar grandes cantidades de agua, además de presentar un importante desarrollo de los parénquimas responsables de la succulencia y poseen una cutícula gruesa impermeable que evita la pérdida de agua por evapotranspiración (Becerra, 2000). Los tallos son carnosos y almacenan agua para resistir las sequías, presentando espinas que representan hojas modificadas para evitar la pérdida de humedad.

El tallo frecuentemente se lignifica con la edad y se cubre de una gruesa cutícula cerosa, la cual reduce la transpiración. Las formas columnares o globulares han sido diseñadas para maximizar las reservas de agua. En algunos casos el tallo es articulado en secciones llamadas cladodios, cotillas o tubérculos, por lo general son de color verde y verde cenizo (Señoret, 2013; Stuva y Cepero, 2014).

### **2.8.2. Costillas**

Son crestas sobresalientes, que surcan las plantas de forma longitudinal a espiralada, existen plantas con pocas costillas, su número aumenta con la edad, cuando las costillas son de 2 a 5 altas y planas y delgadas, se denominan alas. La forma de las costillas también varía, existen costillas muy angostas y de arista muy aguda como en las plantas de *Stenocactus*, o anchas de arista redondeada como *Echinocactus texensis* y *Echinocactus horizonthalonius* pueden ser altas y muy prominentes como *Echinocactus ingens* o aplanadas como *Neobuxbaumia*, a veces en lagunas especies, las costillas rectas pueden tornarse a espiral como en *Ferocactus recurvus*. Estos son muy resistentes a la fuerza de flexión de los cactus. Además, presentan protuberancias llamadas mamilas o tubérculos (Señoret, 2013).

### **2.8.3. Mamilas**

Estas son estructuras en las que se contienen las areolas que están en las costillas. Las mamilas se adaptan a las condiciones del clima y pueden variar mucho dando a los cactus aspecto peculiar; encogiéndose en los periodos de sequía y aumentando más de un tercio de su peso si disponen de agua (Señoret, 2013).

### **2.8.4 Areolas**

Son yemas axilares especializadas en forma de almohadillas que se encuentran en las costillas de los cactus y estas a su vez dan origen a las espinas, gloquidios, lanosidad o cerdas, aquí también originan las flores (Bravo-Hollis, 1978). En la mayoría de las especies existe, al centro de las areolas, un meristemo de crecimiento integrado por dos porciones, la abacial o externa, que forma las espinas y la adaxial, que originan las flores. El meristemo es un órgano a partir del cual se pueden producir, flores, nuevos tallos y espinas consecuentemente las areolas tienen la capacidad de producir brotes que se desarrollan en plantas completas.

### **2.8.5. Espinas**

Son hojas modificadas, especializadas y adaptadas para climas áridos. Estas crecen en las areolas en medio de un indumento de tricomas pluricelulares. Las espinas están presentes en todos los géneros, al menos durante las primeras etapas de su vida. Estas se forman a expensas de los tejidos meristemáticos de las areolas, el crecimiento se debe a un meristemo que existe en su base y el endurecimiento a un proceso de lignificación. En cada areola se aprecian por lo común dos tipos de espinas: radiales y delgadas, dispuestas en la periferia y las centrales que son más largas y gruesas, son especializadas y adaptadas para climas áridos, estas pueden ser frágiles o fuertes, con una superficie lisa, rugosa o estriada, contienen diversas formas como acicular, prismática cilíndrica, prismática, ganchosa, retorcida. Las espinas pueden presentar variaciones en tamaño y apariencia dentro de una misma areola, frecuentemente formando 2 series, las centrales y las radiales (Stuva y Cepero, 2014). Son de color uniforme o pueden ir de color blanco al negro, pasando por el gris, amarillo, verde, rojo o marrón, así mismo pueden variar su tamaño. La función de las espinas es de

proteger contra la depredación de los animales, además de condensar la humedad del aire, para que así mismo la planta la pueda ocupar para su propia hidratación.

### **Glándulas**

semejantes a las espinas, se desarrolla en número variable de 1 a 7, en la región adaxial del meristemo vegetativo areolar, se encuentra después de las espinas, miden más o menos 0.05 mm de diámetro y a veces tiene una coloración rojiza o amarillenta. En algunas se pueden distinguir dos partes: las basal, y en ocasiones algo alargada en forma de pedúnculo corto donde se perciben a veces algunos vasos, y la apical.

### **2.8.6. Flor**

Pueden ser solitarias, sésiles, en general actinomorfas o zigomorfas. Las flores son hermafroditas de color vistoso para asegurar la llegada de algún polinizador y de esta forma garantizar su fecundación. Las cactáceas se han hecho famosas por la hermosura de sus flores que aparecen generalmente en primavera y durante esa estación transforman las zonas áridas en jardines llenos de esplendor. La forma de las flores es comúnmente campanulada y sus colores variados y combinados. Las flores pueden ser diurnas o nocturnas y su producción se restringe a una por areola (Bravo, 1994; Arreola, 1997).

Las flores provienen de las areolas, una flor individual es producida de cada areola, a veces más de una puede nacer de una areola, estas pueden nacer en diferentes partes del tallo. Lo más común es que las flores son producidas de la areola en la extremidad del tubérculo. Estas cuentan con las siguientes estructuras:

**Pericarpelo:** Estructura de la flor que rodea al ovario, en la base de la flor, está compuesto de tejido parenquimatoso, esto lo pueden contener algunas cactáceas, ya que tienen el pericarpelo cubierto de areolas, espinas y pelos, también pueden tener brácteas, escamas o pueden ser desnudos.

**Perianto:** perianto está constituido por la corola (pétalos) y el cáliz (sépalos), en las cactáceas estas dos partes son muy similares, se denominan tépalos son de formas y colores muy vistosos y están ordenados en espiral, llamándose perigonio.

**Ovarios:** se encuentra en una estructura tubular, de la cual crecen los estambres. En la base del tubo hay un tejido glandular que secreta néctar y que constituye los nectarios, donde el líquido es dulce, aromático y atrae a los agentes polinizadores. El ovario contiene óvulos y está cubierto por tejido caulinar que forma el pericarpelo, que a la vez está cubierto por escamas, areolas, espinas y pelos.

**Tubo floral o receptáculo:** es la prolongación del pericarpelo y suele tener escamas porque fue que aumenta el tamaño hacia la parte alta de la flor, transformadas en tépalos, dentro de este tubo están los estambres.

**Estambres:** están constituidos por una parte fina conocida como filamento y una engrosada punta, llamada antera en la cual se produce el polen. Las anteras suelen ser numerosas y producen abundante polen, que son diminutos y se agrupan en conglomerados para ser transportados por agentes polinizadores.

**Gineceo:** es la parte femenina de la flor, constituida por tres o más carpelos unidos entre sí, la parte inferior es el ovario, enseguida se encuentra el estilo o tubo polínico, y en la parte superior se encuentra el estigma dividido con tantas ramificaciones como carpelos tenga el gineceo (Señoret, 2013).

### **2.8.7. Fruto**

Pueden ser carnosos, dehiscentes, semejantes a bayas, raramente secos o indehiscentes. Son los ovarios fecundados que se hinchan al igual que el pericarpelo, estos pueden presentar escamas, areolas, espinas, peloso cerdas, restos de flores o perianto adheridos. Son de diversas formas, tamaño, color y textura. La forma es variable, desde globosos hasta alargados, de tipo lanoso, escamoso o espinoso y su coloración puede ser blanca, verde, amarilla, purpura, azul o casi negra (Pacheco, 1997).

### **2.8.8 Semilla**

Generalmente son pequeñas, de uno a dos milímetros de longitud, algunas pueden medir hasta medio centímetro. Son numerosas, tienen diferentes formas (discoide, reniformes, ovoides), color desde el crema al negro oscuro pasando por tonalidades pardas o brillantes castañas o con tintes rojizos, texturas y estructuras características dependen del tipo de especie. Las semillas son dispersadas por diferentes agentes como el agua, el viento o diferentes animales (insectos, murciélagos, aves, reptiles) (Reyes, 2013; Jiménez y Torres, 2003).

### **2.8.9 Raíz**

Proviene de la radícula del embrión, puede ser superficial o ramificada, en lagunas es adventicia y fija la planta al suelo, pueden tener una raíz principal a menudo engrosada, napiforme y estas suelen acumular gran cantidad de agua, en las cuales llegan a superar su tamaño. Las raíces están adaptadas para absorber un gran volumen de agua en forma muy rápida, por lo que generalmente son muy ramificadas y extendidas (Sánchez, 1978). En respuesta a la poca duración de los periodos húmedos, cuenta con un sistema radical adsorbente constituido por numerosas raicillas blancas, provistas de pelos ubicados en las raíces secundarias, los cuales se generan en periodos de humedad y su vida se restringe a la temporada lluviosa (Bravo-Hollis, 1978).

## **2.9. Cactáceas ornamentales**

De acuerdo con Castillo, *et al.* (2010) se tiene referencia que las mujeres de Coxcatlán, Puebla consideran que las plantas ornamentales, son aquellas plantas que solo tienen follaje y no las que tienen flores. El 28% no conocía el término ornamental, 64% contestaron afirmativamente puesto que tienen plantas en su casa y 8% las ha visto por televisión, en revistas o escucharon en la escuela. El 63.9% cree que las cactáceas (como las biznagas, tetechos, etc.) no son plantas de ornato; 42.6% dice que estas plantas son del monte. El 16.3% las considera así por el tamaño, puesto que son muy grandes y 4.9% indica que no son plantas de ornato porque tienen espinas. El 22.9% de las mujeres dijeron que

son plantas de ornato debido a lo atractivo de sus frutos (aunque muchos de estos los consumen); otro 22.9% señaló que cuando están en floración ven bonitas y generalmente las ocupan para adornar el nacimiento en el mes de diciembre. El 6.5% las ha visto en diferentes lugares y otro 6.5% comentó que en los lugares donde no hay, sí usan estas plantas como ornato. Sobre la existencia de plantas en casa, 19.6 % de las mujeres tiene alguna y 11.4% señaló que la Cactácea estaba en el terreno de su casa. En caso contrario, 50.8% simplemente no tienen en su casa: 8.1% porque no hay espacio y 3.2% argumentó que no está permitido.

En estos casos se vio que hay personas que tienen conocimiento de las cactáceas ornamentales y otras que no tienen ninguna información y por tal motivo la utilizan como plantas medicinales. En el mercado, las personas sin conocimiento se basan en comprar los cactus conforme a su belleza de colores, formas y precio, mientras que las personas “conocedoras” basan su compra en el origen del cactus, forma y color llamativo del tallo y flores, así como rareza para incrementar su colección.

La mayoría de las personas que conocen la belleza las cactáceas, están más interesadas por coleccionarlas, existiendo coleccionistas aficionados y especializados en esta familia botánica dentro y fuera del país (Villavicencio, *et al.*, 2019).

Considerando lo anterior se puede decir que las cactáceas ornamentales forman parte de las tradiciones y han estado presentes en la vida diaria de nuestra sociedad, forman parte de la cultura y tradiciones de pueblos y regiones, A nivel nacional existen productores de cactáceas con registro de UMA que las producen como plantas de ornato. En el mercado están disponibles especies de tipo columnar, globoso y subgloboso que se cotizan dependiendo su tamaño, forma y color de flores, pudiendo venderse como minicactus y cactus de maceta en diferentes contenedores (2”, 6” y 10”) y hasta raíz desnuda. Entre productores existe poca variabilidad de productos, es decir todos manejan las mismas especies de cactáceas; sin embargo, los productores asociados a la

Confederación Nacional de Plantas de Ornato (CONAPLOR) refieren el interés de contar con nuevos productos con valor agregado y que se requiere mejorar el sistema de producción en invernadero, ya que son plantas de lento crecimiento que requieren de mínimo de tres años para que una planta alcance tu tamaño comercial, cosa que incrementa los costos de producción (Villavicencio, *et al.*, 2019).

Los tres cactus ornamentales que se manejaron en este trabajo; viejito (*Cephalocereus senilis*), biznaga “barril azul” (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton & Rose) y plantas de “erizo” (*Melocactus matanzanus*) son productos que tienen demanda en el mercado y fueron considerados por la Red Cactáceas del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) dependiente del SNICS-SAGARPA y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para desarrollan sistemas intensivos de producción. Para este tipo de especies xerófitas tienen que conocerse los requerimientos nutricionales de cada cultivar para mejorar la calidad del producto y reducir el tiempo de producción en invernadero.

## **2.10. Propagación de las Cactáceas**

Las plantas suculentas se multiplican por dos vías distintas, la reproducción sexual mediante semillas y la propagación vegetativa mediante yemas, esquejes, vástagos, injertos y hojas. La propagación o multiplicación de las suculentas mediante el empleo de métodos tradicionales representan una alternativa viable para los países carentes de tecnologías y recursos económicos. Actualmente los productores de México aplican nuevas técnicas usando la Biotecnología para la producción intensiva de especies de interés comercial, donde las cactáceas son nuevos productos con potencial para el mercado (Reyes, *et al.*, 2001; Villavicencio, *et al.*, 2019).

### **2.10.1. Reproducción por semilla**

La multiplicación de las cactáceas por semillas es una forma efectiva de propagar y ampliar cualquier colección. Además, que esta es una manera de proteger y conservar las poblaciones naturales (ASYCS, 2010).

Este método de multiplicación es el más importante debido a que la mayoría de las cactáceas y suculentas producen una gran cantidad de semillas y por lo tanto permite la obtención de miles de plantas con variación genética (Reyes, *et al.*, 2001).

Las semillas o propágulos se pueden obtener de dos fuentes: la primera consiste en recolectar semillas en el campo con la ayuda de pinzas u otros tipos de materiales teniendo cuidado de no dañar las plantas ni alterar las poblaciones silvestres. La segunda es contar con plantas madres (productoras de semillas, vástagos y esquejes) las cuales serían ubicadas en invernaderos adaptados para cultivarlas y albergarlas. Se tiene que contar con 20 ejemplares de cada especie como mínimo para facilitar su entrecruzamiento y la obtención de numerosas semillas. Las plantas cultivadas se deben polinizar con la ayuda de un pincel para transportar granos de polen de una planta a otra (Reyes, *et al.*, 2001; Villavicencio, *et al.*, 2019).

### **2.10.2. Propagación vegetativa**

**Vástagos o hijuelos.** - son brotes que proliferan en algunas cactáceas globosas como *Mammilarias*, *Epithelanthas*, y *Echinocereus*. Esta técnica de multiplicación es fácil, ya que se trata de desprender los brotes que emergen alrededor de la planta madre. Una vez separados se dejan cicatrizar entre 10 y 15 días en un sitio seco y ventilado, y posteriormente se plantan. La ventaja de este método es la rápida obtención de plantas adultas y la desventaja es la carencia de recombinaciones genéticas, importantes en la conservación de especies (Flores, 2009; López, 2006; Trevizan y Baltierra, 2018).

**Propagación por injerto.** - Este método acelera el crecimiento de las plántulas y vástagos. Consiste en unir porciones de dos plantas distintas, una llamada patrón y el otro injerto. Se utiliza en las cactáceas y en otras plantas para ayudar a aquellas que tienen dificultad para vivir directamente en el suelo y también para obtener ejemplares raros o llamativos. Es interesante esta técnica para salvar especies en peligro de extinción ya que puede acelerar el desarrollo y crecimiento de plantas que han perdido el sistema radicular. Los sistemas de injertos más

utilizados para las cactáceas son: de caras planas, de cuña y lateral (Reyes, 2007).

**Propagación por esquejes.** - Algunos cactus y otras plantas suculentas no florecen bien y no siempre es fácil conseguir semillas, por lo que los esquejes se convierten en la opción más viable para su propagación. Los esquejes de plantas suculentas tienen la ventaja de que, gracias a su tejido carnoso, conservan nutrientes y agua que utilizarán hasta el momento que se establezcan en maceta (Harman y Kester`s, 2002).

El mejor momento del año para tomar los esquejes de la mayoría de los cactus es a finales de la primavera, sobre todo en las zonas de clima frío, ya que se inicia la época de calor, el ambiente está seco y las plantas comienzan su crecimiento más intenso. Otra alternativa es proporcionarles a los esquejes las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y luz para su enraizamiento (Toogood, 2002).

### **2.10.3. Cultivo de tejidos vegetales**

Consiste en la propagación de plantas en un ambiente artificial controlado, empleando un medio de cultivo adecuado, esto es posible gracias a la propiedad de totipotencia que tienen las células vegetales; esto es la capacidad de regenerar una planta completa. La micropropagación presenta cuatro etapas principales: establecimiento del cultivo, desarrollo de la multiplicación de vástagos o embriones, enraizamiento y aclimatación de las plántulas, las etapas de enraizamiento y aclimatación pueden combinarse en condiciones *ex vitro*.

## 2.11. Descripción botánica

### 2.11.1. Viejito (*Cephalocereu senilis* (Haworth), Pfeiffer.)

La especie *Cephalocereus senilis* Haw. es una planta endémica de México conocida como “órgano viejo real o viejito”, de hábito columnar, monopódico, de muy lento crecimiento. El viejito es una planta muy llamativa, nombrada así debido a sus largas espinas que parecen “cabellos blancos” que le dan la apariencia de una persona de edad. Fue descrito en 1838 por Dudwig Pfeiffer y su nombre técnico se derivó del griego *cephale*, cabeza y *cereus*, refiriéndose a peludo, este género incluye cinco especies. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO, 2010; Tropicos, 2018).



**Figura 1.-**Viejito (*Cephalocereus senilis* (Haworth), Pfeiffer).

*Cephalocereus senilis*, es una cactácea columnar que puede llegar a medir hasta 15 m de altura y que por lo general solo presenta un tallo simple, aunque a veces se ramifica desde la base (Vásquez, *et al.*, 2005). Su diámetro mide hasta 40 cm, es de color verde claro cuando es joven adquiriendo una tonalidad grisácea conforme va creciendo; presenta de 12 a 15 costillas en etapas juveniles, no obstante, puede llegar a tener más de 30. Sus areolas son grandes, poco prominentes, circulares y juntas entre sí, provistas de numerosas cerdas blancas que miden de 12 a 30 cm de largo conservándose solo en la parte superior del tallo cuando la planta alcanza la etapa adulta. Sus espinas (de una a cinco), son de color amarillento y miden hasta 5 cm. Una característica distintiva de esta especie es la formación de un pseudocefalio semiperiferico y lateral, que se caracteriza por la abundancia de cerdas criniformes y espinas setosas de color blanco a grisáceo; aparece en el ápice del tallo cuando el cacto alcanza la etapa reproductiva siendo esta la zona fértil de la planta.

Las flores aparecen de abril a mayo, son solitarias y brotan de una en una, son nocturnas de color rosa claro y se desarrollan ocultas en el pseudocefalio,

son polinizadas principalmente por murciélagos, aunque por la mañana llegan a ser visitadas por aves. El fruto aparece de tres a cuatro semanas después de que la flor cerro, es de forma ovoidal y presenta escamas pequeñas con presencia de tricomas, difícilmente se desprende de la planta por lo que la dispersión de semillas es realizada por aves que abren el fruto estando aun en el pseudocefalio (Bravo-Hollis, 1978).

Las semillas son numerosas y de color negro brillante, llegan a medir en promedio 2.45 mm de largo por 1.81 mm de ancho y el peso de cada semilla es aproximadamente de 0.00445 g; Se encuentra exclusivamente en México, se distribuye en la zona árida Queretano-Hidalguense, incluyendo los estados de Guanajuato y Veracruz, exclusivamente. En Hidalgo habita la región de Metztitlán, de gran importancia por la cantidad de especies endémicas que ahí habitan (CONABIO, 2010).

### 2.11.2. Biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* (De Candolle). Britton y Rose.)

El género *Ferocactus* incluye cactáceas globosas o columnares, de tamaño medio, grande o muy grande, que pueden llegar a medir más de 50 cm de altura. Este género comprende alrededor de 27 especies que se caracterizan por el aspecto fiero de sus espinas del cual deriva su nombre (Santos, 2005; Tropicos, 2018).



**Figura 2.-**Biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* (De Candolle). Britton y Rose.

Plantas simples o cespitosas, globosas o cortamente cilíndricas; costillas gruesas, robustas; areolas grandes, flores con forma de campana de tonalidades amarillas o purpuras y se les conoce con el nombre de biznaga (Sánchez-Mejorada, 1978).

Las plantas de *F. glaucescens* son apreciadas como planta ornamental en el mercado y su nombre común es “Biznaga barril azul”. Es una planta simple o

cespitosa, con ramificaciones desde la base o lateral. Tallos bajos, subglobosos o en ocasiones algo columnares, ligeramente aplanados en el ápice, de 25 a 50 cm de diámetro y de 25 a 45 cm de altura, rara vez de 60 o 70 cm, de color verde glauco. Generalmente presenta de 15 a 34 costillas, en ocasiones menos o más, hasta 44, de unos 2.5 a 7 cm de altura y de 2 a 3.5 cm de anchura en la base, no tuberculadas. Presenta aréolas distantes entre sí de 8 a 12 mm, confluentes en ejemplares adultos de 15 a 20 mm de longitud, las jóvenes con fieltro de color amarillo oro al principio, después castaño amarillento claro y finalmente pardusco, extendiéndose hacia arriba y hacia abajo de las aréolas. Tiene espinas desde aciculares hasta ligeramente subuladas, escasamente anilladas, de 1.8 a 3.5 cm de longitud, amarillas, al inicio con tonalidades doradas, después pajizas y finalmente negruzcas. Espinas radiales normalmente 6 a 8, en ocasiones mucho más. Espina central a veces una, a veces ninguna, cuando presente, similar a las radiales. Las flores brotan de la aréola, dispuestas en forma de corona cerca del ápice, son de color amarilla y de forma campanulada, de 1.8 a 3 cm de longitud y de 2 a 3.5 cm de diámetro, de tonalidad amarillas. Fruto globoso a oviforme, carnoso, con pulpa blanca dulzona, de 1.5 a 2 cm de longitud, amarillento con tinte rojizo, provisto de escamas amarillentas ovadas, con margen lacerado, conserva adheridos los restos secos del perianto.

Semillas pequeñas, brillantes, con testa de color café muy oscuro casi negra (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991). Su distribución en México, es en los estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato. Localidad tipo: no señalada, el neotipo proviene de Metztitlán (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). En la NOM-059-SEMARNAT-2010 no aparece referida; sin embargo, está incluida en el Apéndice II de CITES (CITES, 2019).

### 2.11.3. Erizo (*Melocactus matanzanus* León)

El género *Melocactus* está compuesto por un grupo homogéneo de pequeños cactus globosos, con alrededor de 35 especies distribuidos en las Antillas, México y el norte de América del Sur. Las especies de este género habitan suelos rocosos y pedregosos cercanos a la costa (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).



**Figura 3.**-Erizo (*Melocactus matanzanus* León).

Este género reviste una importancia biogeográfica en México porque es eminentemente sudamericano y en años recientes ha sido objeto de estudios para evaluar su potencial medicinal (Elizondo, 1986; Nassar y Ramírez, 2004). Las especies de este género se conocen con el nombre vulgar de “Erizo” y en México, con el de “biznaga de dulce”.

Así mismo, *Melocactus* es uno de los géneros más difíciles de mantener en colecciones dado los altos requerimientos que poseen para su cultivo. Requieren de un suelo poroso y fértil, que a la vez le ofrezca un drenaje perfecto. No soporta el exceso de agua, por el contrario, necesita mucha luz y calor durante todo el año (Robledo, *et al.*, 2001).

En Cuba la familia Cactaceae está representada por 19 géneros, existiendo alrededor de 50 especies entre nativas y naturalizadas como el *Melocactus matanzanus* León, especie en peligro crítico de extinción comúnmente llamado “erizo” por su parecido al erizo de mar (Robledo, *et al.*, 2001; Stary, 1971; Tropicos, 2018; Taylor, *et al.*, 2015).

León y Alain (1953) la describen como una planta globosa ligeramente deprimida, de 7-8 cm de altura, con 8-9 costillas, areolas próximas; espinas de 1-1,5 cm de longitud de color amarillento, radiales, en número de 7-8 extendidas y 1 central.

El cefalio de *Melocactus matanzanus* (parte superior donde se desarrollan las flores y frutos), aparece cuando la planta alcanza de 4-5 años. Las flores de 17 mm de longitud son rosadas y tienen 27 tépalos. El fruto es claviforme, de 1,5 cm de longitud, las semillas son negro brillante (León y Alain, 1953). Los investigadores observaron que florece todo el año, con mayor cantidad de plantas florecidas y fructificadas entre los meses de mayo a julio; cada planta produce entre 5-6 flores por céfalo.

## **2.12. Producción plantas en contenedor**

### **2.12.1. Riego**

No se tiene establecido con exactitud la frecuencia con que se deberían de hacer los riegos, porque el sustrato, el calor y la intensidad de la luz del sol de cada estación del año determinara la frecuencia con la que se debe regar. En la estación de primavera-verano el riego se recomienda hacerlo cada 10 a 15 días y en los meses de invierno cada 20 o 30 días en días soleados, en algunos casos se debe de suspender los riegos durante el invierno ya que algunas especies son sensibles al frío y pueden sufrir daño por quemaduras. El agua con la que se deben de realizar los riegos es el agua de lluvia porque no contiene sales y esta oxigenada, es recomendable regar por las mañanas o muy tarde, al realizar los riegos es más seguro que la maceta no retenga agua en la parte inferior, ya que al seguir regando en esta condición es posible que la raíz se pudra. El riego por inundación se realiza en plantas de tres a ocho meses una vez por semana, plantas de ocho meses a seis años regar cada 15 días, plantas más grandes una vez al mes (Arredondo, 2002; Oviedo, 2003; Ortiz, 2011, Salas, 2014).

### **2.12.2. Sustrato**

El sustrato está constituido por un material poroso, en el que se desarrolla el sistema radicular de la planta, así mismo obtiene agua y nutrientes que necesita para su desarrollo. Es una mezcla de materiales el cual es el medio de soporte donde se desarrollan plantas o semillas. En el caso de las cactáceas se utiliza tierra de hoja, tierra negra, turbal (conocido como musgo en Canadá), mantillo, tierra universal, Shagnum moss, agrolita, arena, vermiculita, tepojal o

tezontle, corteza de coco debe ser cernido a una malla o un tamiz de 5 mm de abertura. Estas mezclas requieren reunir tres condiciones ser poroso para tener buena humedad, tener buen drenaje para favorecer la aireación y ser nutritivo. (Arredondo, 2002; Reyes 2007; Ortiz 2011; Sosa, 2001; Villavicencio, *et al.*, 2012).

Este deberá de tener buenas propiedades físicas como son: aireación y drenaje, retención de agua y bajo peso húmedo por volumen. Cabe mencionar que la determinación de valores de las propiedades físicas indicadas del sustrato se establece después de haber sido regados a saturación dejado drenar hasta alcanzar un equilibrio, condición conocida como capacidad de maceta o de contenedor (CC) (Cabrera, 1999).

Davidson, *et al.*, (1994) refieren que la temperatura de un sustrato en maceta, particularmente los de color oscuro, pueden fluctuar a veces hasta en 30 °C entre el día y la noche como nos menciona. Algunas de estas condiciones estresantes pueden considerarse una consecuencia directa del volumen restringido del sustrato en la maceta, el cual tiene que suplir las necesidades de una planta que es relativamente grande para ese volumen. El problema no es que el sustrato no pueda suplir las necesidades de la planta, si no que el período en que deben de abastecerse esas necesidades siempre es corto. Es por ello que un programa adecuado de manejo es esencial para minimizar las condiciones estresantes que se pueden encontrar en macetas o contenedores (Cabrera, 1999).

Algunos nutrimentos, tales como el nitrógeno y potasio se pierden por absorción de la misma planta y otra parte por lixiviación, pudiendo llegar a ser rápidamente abatidos si no son abastecidos periódicamente (Bowman y Paul, 1983; Bunt, 1988; Nelson, 1991).

### **2.12.3. Importancia de los nutrientes en el crecimiento de las plantas**

Las plantas viven en un ambiente iónico muy diluido donde logran nutrirse y por lo tanto sobrevivir y completar su ciclo de vida, en virtud de la capacidad

que tienen de acumular en su interior iones a concentraciones aún 10.000 veces superiores a las extremas (Piaggese, 2004).

Según Gutiérrez (1997) y Piaggese (2004) los nutrientes minerales esenciales para las plantas son aquellos que son:

- a) Necesarios para que la planta complete su ciclo de vida.
- b) Que están involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos. Ya que, además de ser constituyentes de la estructura orgánica también actúan como activador de la reacción enzimática, transportador de carga u osmoregulador.
- c) La falta de uno de los nutrientes produce una serie de síntomas de deficiencia.

sí, no son corregidas a tiempo pueden conllevar a que el crecimiento de la planta se detenga y en casos extremos causar la muerte. Cada planta posee su mínimo, óptimo y máximo de tolerancia para cada uno de los elementos nutritivos, por ello su disponibilidad puede ser anormal o por defecto causar una deficiencia o carencia nutricional, o por exceso, causando fitotoxicidad (intoxicación).

#### **2.12.4. Nutrientes y sus funciones**

La nutrición es el proceso por el cual los seres vivos obtienen la materia y la energía que necesitan para formar sus propias estructuras y realizar sus funciones vitales.

Las plantas requieren de todos los nutrientes esenciales en proporciones equilibradas para un óptimo crecimiento. La deficiencia de nutrientes ocurre cuando la concentración y disponibilidad es insuficiente para satisfacer los requerimientos de una planta en crecimiento y se manifiestan, a menudo, como síntomas visuales. Por ejemplo: retraso en el crecimiento, clorosis, decoloración o necrosis, que pueden observarse en las partes viejas, medias o jóvenes de la planta, dependiendo de la movilidad de cada nutriente en ella (Cuadro 1).

**Cuadro 1.-Síntomas de las plantas por deficiencias y excesos.**

<b>Elemento</b>	<b>Forma absorbida</b>	<b>Función</b>	<b>Deficiencia</b>	<b>Exceso</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	Amonio (NH <sub>4</sub> ) Nitrato (NO <sub>3</sub> )	Factor de crecimiento y desarrollo componente de proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos.	Toda la planta se vuelve color verde pálido a amarillenta y el crecimiento es lento.	Hay menor resistencia frente a las plagas y enfermedades, vuelco de las plantas, hojas de color verde azulado y retardo en La maduración.
<b>Fosforo (P)</b>	(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ), (HPO <sub>4</sub> )	Transferencia de energía y metabolismo de proteínas, Favorece el desarrollo de las raíces, la floración y maduración de los frutos.	Desarrollo lento de la planta afectando la floración, desarrollo radicular y llenado de los frutos.	Puede provocar la fijación de elementos como el zinc en el suelo.
<b>Potasio (K)</b>	K <sup>+</sup>	Regula las funciones de la planta. Y aumenta la resistencia a las enfermedades.	La carencia de potasio provoca un retraso general en el crecimiento y un aumento de la vulnerabilidad de la planta a los posibles ataques de parásitos y enfermedades.	Bloquea la fijación de magnesio y calcio.
<b>Calcio (Ca)</b>	Ca <sup>+</sup>	Es necesario en la división y crecimiento de la célula. Importante en la formación y desarrollo uniforme del fruto.	Caída de flores y deformación de flores y frutos	El crecimiento de ápices radiculares y brotes, con hojas en expansión son lugares donde se manifiesta la deficiencia de Calcio. Esto provoca a su vez deformaciones importantes de las hojas principalmente en E. globulus. Los puntos de crecimiento mueren y caen. En E. grandis los márgenes de las hojas aparecen como quemados.
<b>Magnesio (Mg)</b>	Mg <sup>+</sup>	Componente de la molécula de clorofila y cofactor de reacciones enzimáticas.	Presentan síntomas similar a la clorosis.	En plantas leñosas es común la aparición de síntomas de deficiencia,

	Incrementa la producción de azúcares.	la de	clorosis, en hojas maduras. Cuando la deficiencia es severa, los síntomas se extienden al follaje joven.
<b>Azufre (S)</b> (SO <sub>4</sub> ), (SO <sub>2</sub> )	Es un constituyente esencial de proteínas, transfiere energía a la planta.	Toda la planta se torna amarillenta, similar en apariencia a la deficiencia de nitrógeno. Los frutos son verde tierno y carecen de succulencia. Las raíces son más largas de lo normal. El tallo se vuelve leñoso.	La deficiencia de este elemento Azufre es la aparición de las hojas jóvenes uniformemente amarillas o verde pálidas; por el declive del contenido de cloro-fila, para finalmente presentarse totalmente amarillas.

Fuente: Novoa, *et al.*, (2018); Alarcón, (2001); Ballinas, (2014); Bravo, (2014); Cabrera, (2013); Cárdenas (2011); Gallegos (1998); León (2009); Orrico (2013); Rodríguez (2015); Rosas, (2008); Salas y Soto, (1991); Ortiz, (2011); Salas, *et al.*, (1991).

### 2.12.5. Solución Nutritiva

Una solución nutritiva está definida como el sistema homogéneo donde los nutrimentos necesarios para la planta están solubles, generalmente en forma iónica y en porciones adecuadas. Además, de los nutrimentos, la solución nutritiva contiene O<sub>2</sub> y está a la temperatura adecuada para la absorción de los nutrimentos (Nélio, 2006).

Es el conjunto de sales inorgánicas (fertilizantes) disueltas en el agua de riego, que origina una solución con nutrimentos asimilables y en proporciones adecuadas, de los elementos nutritivos requeridos por las plantas, como son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Azufre (S), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl) (Alarcón, 2001; SAGARPA, 2010).

El manejo inadecuado de la nutrición puede reducir hasta en 50 % el rendimiento y en 70 % la calidad del fruto (Tapia, *et al.*, 2010).

Experimentalmente se han emprendido y desarrollado diversas técnicas para determinar los comportamientos de las plantas ante la carencia de elementos nutricionales como el cultivo en hidroponía esta técnica le gana más

terreno a la producción en suelo debido a que se logra mayor eficiencia y control del riego y la nutrición mineral, ausencia inicial de plagas, enfermedades y malezas, facilidad de esterilización de los sustratos, posibilidad de usar aguas duras o con mayor salinidad, mayor rendimiento y calidad, y más sanidad e inocuidad, entre otras (Alarcón, 2006; Cánovas y Magán, 2003; Raviv y Lieth, 2008; Sánchez, *et al.*, 2014).

En los sistemas de cultivo hidropónicos se usan soluciones nutritivas. Una solución nutritiva (SN) consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la SN (Steiner, 1961). Para que la SN tenga disponibles los nutrimentos que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

Adams (1994) refiere que la cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales. Las principales características de las soluciones nutritivas que influyen en el desarrollo de los cultivos son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrimentos (CE), el pH, la relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  y su temperatura (Steiner, 1984).

La concentración de nutrimentos está relacionada con la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva. Si aumenta la CE, la planta requiere mayor energía para absorber los nutrimentos y agua, por lo que puede disminuir el desarrollo de la planta. La CE de la solución nutritiva influye en la composición química de las plantas, al aumentar la CE aumenta la concentración de K en las plantas a expensas principalmente de  $\text{Ca}^{2+}$ . También se incrementa la concentración de P y en menor medida la de  $\text{NO}_3^-$ , ambos a costa de  $\text{SO}_4^{2-}$ . Este comportamiento se presenta independientemente de la etapa de desarrollo

(Steiner, 1973). Al aumentar la CE de la solución nutritiva a más de 6 dS m<sup>-1</sup>, además de inducir una deficiencia hídrica, aumenta la relación K<sup>+</sup> (K<sup>+</sup> + Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ocasionando desbalances nutrimentales que pueden inducir toxicidades o deficiencias nutrimentales, al igual que si la CE disminuye (menor a 2 dSm<sup>-1</sup>).

El pH óptimo de las soluciones nutritivas se encuentra entre 5.5 y 6.0. Dicho intervalo de pH promueve un adecuado contenido de carbonatos en la solución nutritiva, ya que a un pH mayor a 8.3, se incrementa el contenido de éstos y por consecuencia el calcio y magnesio se precipitan. Asimismo, si el pH de la solución nutritiva es menor de 3.8, se incrementa el contenido de ácido carbónico, el cual es tóxico para las plantas en cantidades mayores a 10 mol cm<sup>-3</sup>. Además, en soluciones nutritivas con pH mayores a 6.0, el fósforo pasa a formas no disponibles para las plantas o bien se precipita.

La solución nutritiva, además de presentar sales disueltas (nutrimentos), también contiene oxígeno disuelto, el cual se requiere para el desarrollo de las plantas. A temperaturas menores que 22 °C, este oxígeno disuelto es suficiente para abastecer la demanda de la planta. Sin embargo, el requerimiento es pequeño debido a la reducción de la velocidad de varios procesos fisiológicos (respiración, etc.), disminuyendo con ello la absorción de nutrimentos y, por ende, el crecimiento de la planta. Por lo tanto, es necesario evitar temperaturas menores que 15 °C para prevenir la reducción de la absorción de nutrimentos como lo mencionan Moorby y Graves (1980). Temperaturas mayores que 22 °C inducen grandes demandas de oxígeno por la planta, las cuales no son satisfechas por la solución nutritiva, puesto que, a mayor temperatura, mayor será la difusión de este gas.

La extracción nutrimental es la base para determinar la dosis del fertilizante y aumentar la eficiencia en el uso de nutrimentos. La eficiencia en el uso de nutrimentos se define como la proporción de todos los aportes de nutrimentos que se extraen en la cosecha (Cassman, *et al.*, 2002; Vargas, 2012).

### **2.13. Respuesta de las Cactáceas a la Fertilización**

En general las cactáceas de ornato, reciben altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados los cuales han probado afectar negativamente su crecimiento (Rodríguez, 2010; Neitzke *et al.*, 2013). Considerando que la nutrición es uno de los factores más importantes, donde no existe una solución estándar para todos los cultivares, es necesario determinar las necesidades de este cultivar, para promover una productividad rentable y buena calidad de producto como lo refieren Rueda-Luna, *et al.* (2016).

Los elementos nutritivos son los que determinan el desarrollo del vegetal, la coloración del follaje o del cuerpo, la calidad de las espinas y la calidad y cantidad de flores. Las plantas cultivadas en macetas requieren aportes periódicos de fertilizantes líquidos o sólidos, pero especiales para cactus y plantas crasas (Farré, 2001).

Los requerimientos nutricionales de cactáceas de zonas áridas y de algunos agaves han sido estudiados por Nobel (1988).

Estudios realizados por Nobel, *et al.* (1987) en *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck mostraron que los opuntias (*Opuntia ficus-indica* y *O. engelmannii*) son tolerantes a concentraciones salinas relativamente elevadas y responden a la aplicación de fertilizantes nitrogenados incrementando su crecimiento.

La respuesta de las cactáceas a la fertilización es variada y aparentemente no es específica para cada especie, estas diferencias tal vez se deben a la naturaleza del sistema radicular presente en los cactus. Gibson y Nobel (1986), mostraron que las cactáceas poseen diferentes hábitos de crecimiento radicular. Si aceptamos que la raíz principal constituye el sistema de anclaje y las raíces secundarias representan el mayor porcentaje de la superficie de absorción de nutrimentos y agua para la planta, el desarrollo de éstas últimas puede influir en el crecimiento y tolerancia a condiciones salinas adversas y puede explicar de cierto modo las diferentes respuestas de las cactáceas a las concentraciones de nutrimentos.

Tanaka *et al.* (1983), al estudiar a *Echinocactus grusonii* bajo condiciones de cultivo hidropónico, encontraron que al incrementar el doble de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva se incrementó el largo y ancho de los tallos, donde las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en el tallo fueron 3.04, 0.31, 2.17, 1.88 y 0.63% respectivamente.

La fertilización de estas plantas requiere de una relación baja en nitrógeno y altas concentración de potasio y calcio. Un fertilizante que se puede utilizar es 1% de nitrógeno total (N), siete por ciento de ácido fosfórico ( $P_2O_5$ ) y seis por ciento de potasio soluble ( $K_2O$ ). También se puede usar la fórmula 9-45-15 (NPK), o fertilizantes preparados con la proporción 6-15-12 (Arredondo, 2016).

La fertilización es un tema importante y poco experimentado para el caso de las Cactáceas. Puede incluir adición de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos o potásicos, así como varios nutrientes, mayores o menores, según el objetivo sea crecimiento, producción de flores o protección de las plántulas. Una fórmula general empleada con éxito en este método es el empleo de fertilizantes solubles con fórmulas 20-10-20, 20-20-20, 9-45-15 o similares. Estos fertilizantes contienen en general fórmulas completas con la presencia de elementos mayores y menores. La frecuencia de fertilización recomendada es cada 15-30 días, en la época de crecimiento. Un aspecto importante de los fertilizantes es su potencial de acidez que contribuye a mantener el pH en condición ligeramente ácida, especialmente en donde el agua y sustratos tienden a los valores básicos como se refiere Sánchez (2014). Es necesario aportar elementos nutritivos con cada riego, solamente con fertilizantes de una tasa equilibrada de nitrógeno, fósforo y potasio (Riha, 2008).

La fertilización edáfica complementaria de los fertilizantes fósforo y potasio a tres dosis, tiene una influencia significativa en la productividad de la pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* L.) y en comparación con la abonadura orgánica fue muy superior al comparar los rendimientos (Orrico, 2013).

Las plantas suculentas son de crecimiento relativamente lento por lo que no requieren un exceso de fertilizante. Sin embargo, es recomendable fertilizarlas

con fertilizantes de fórmula completa (20-20-20 o de 10-20-20) con micronutrientes. En otras palabras, fertilizantes ricos en nitrógeno (en formulación donde el primer número excede a los demás) deben ser evitados. Asociación Yucateca de Cactáceas y Suculentas (ASYCS, 2010) (Cuadro 2).

**Cuadro 2.- Fertilización en especies de cactáceas y otras agaváceas.**

ESPECIE	TIPO Y CONCENTRACIÓN DE FERTILIZANTE O SOLUCIÓN NUTRITIVA	AUTOR
1. <i>Turbinicarpus valdesianus</i>	MS 50%	Hernández, 2004.
2. <i>Varias desierto Queretaro-Hidalgense</i>	Puede incluir Fertilizantes solubles 20-10-20, 20-20-20, 9-45-15 o similares.	Sánchez <i>et al.</i> 2008.
3. <i>Agave victoria reginae</i>	Solución Stainer y fertilizantes comerciales	Salais, 2008.
4. <i>M. haageana ssp. san-angelensis</i> y <i>O. denegrii</i>	Fertilizante Foliar comercial 20-30-10 al 066%	Acevedo, 2002.
5. <i>A. durangensis</i>	Solución Stainer 100%	Martínez, 2008.

## 2.14. Plagas y Enfermedades más Comunes en las Cactáceas.

### Cochinilla algodonosa

Este insecto provoca reducción del crecimiento y vigor de las plantas, secreta una sustancia espesa azucarada que promueve el crecimiento de un hongo negro conocido como moho de hollín.

Está cubierto por una secreción serosa con aspecto algodonoso y es visible al ojo humano, esta plaga provoca un desarrollo más lento de la planta y mayor susceptibilidad al ataque de hongos y bacterias (Arredondo, 2002).

Se nota a simple vista en las puntas de las plantas, ataca a todo el cuerpo, pero es más visible hacia los ápices o las partes tiernas. Es un insecto succionador protegido por una capa de polvo con cera que su cuerpo produce (Reyes, 2013).

### **Araña roja**

Es un ácaro muy pequeño, casi no se detectan a simple vista, pero dejan marcas muy notorias de color rojizo a parduzco en la superficie de las plantas, principalmente sobre los tallos, además de telarañas en los tallos u hojas. Las arañas rojas aparecen cuando no hay buena ventilación, hay alta temperatura y ambiente muy seco. La manera de eliminar estos molestos ácaros es el uso de acaricidas o un insecticida sistémico (Reyes, 2013).

### **Caracoles y babosas**

Los Caracoles, Babosas son plagas más o menos comunes dentro de los invernaderos sobre todo debajo de las macetas donde se acumula un poco de humedad. Estos invertebrados son principalmente fitófagos se alimentan de las raíces y tejidos suaves de las plantas, llegando en ocasiones a desaparecer plantas completas. Son fácilmente tratables con insecticidas (Reyes, 2013).

### **Los picudos**

son escarabajos negros de tamaño grande fácilmente visible, el daño que ocasionan es debido a que mastican el tallo y el tejido interior de la planta además de poner sus huevos dentro de las plantas para que las larvas se alimenten de los tejidos suaves del interior. Son fácilmente detectables incluso si no se ven a los adultos ya que en donde han puesto los huevos o las larvas dejan agujeros con masas de goma amarillentas. El daño más grave lo realizan las larvas cuando se dirigen a la parte baja de la planta. Aun cuando este escarabajo tiene cierta predilección por los nopales, también en ocasiones llega a atacar otras plantas suculentas dentro de los invernaderos (Reyes, 2007).

### **Miriapodos**

Otro artrópodo que se halla en la tierra y ataca a todo tipo de tubérculos, bulbos y raíces en general es un miriápodo (*Julus* sp). Devora las raíces e interior de los cactus provocando daños irreversibles. De aproximadamente 1 5/2 cm es negro y su cuerpo duro se enrosca sobre sí mismo (Celada y Benito 1983)

## **Nematodos**

Se observa una sintomología similar a las de las cochinillas de raíz, pero en este caso se aprecian en las raíces unas protuberancias, quistes, provocadas por un nematodo microscópico (*Heterodera cacti*, *Meloidogyne sp.*) Estos penetran en las raíces mordiendo su interior y perjudicándola por medio de sustancias tóxicas. (Celada y Benito 1983)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del Sitio Experimental

El experimento se realizó durante el ciclo de primavera-verano de 2017 a 2019, en las instalaciones del laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) e invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP, ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México, con las coordenadas 25°21'09" latitud Norte y 101°01'55" longitud Oeste, a una altitud de 1610 msnm.

#### 3.2. Material Vegetativo.

Se utilizó un lote de plantas de cactáceas de 4 meses de edad de 3 especies; *Cephalocereus senilis* Haw, *Ferocactus glaucescens* de Candolle, y *Melocactus matanzanus* León, producidas en un invernadero comercial.

#### 3.3. Establecimiento del lote experimental.

Las plantas se establecieron en macetas de plástico de 2.5", utilizando una mezcla de sustrato compuesto de arena, peat moss y agrolita (3:2:1) descrita por Villavicencio *et al*, (2013), la cual registró un pH de 6.5 y conductividad eléctrica de 4.2 dS m<sup>-1</sup>. Esta mezcla previamente se esterilizó en una autoclave (Marca Sumi) a una temperatura de 120°C y 1.5 libras de presión (Figura 1).

### 3.4. Diseño del experimento.

Los datos se analizaron mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXBXC (3x4x3), con cinco repeticiones. Los datos fueron corridos por paquete estadístico de SAS 9, con la prueba de medias de Tuckey  $P \leq 0.05$ .

#### Modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta\gamma_{ijk} + E_{ijkl}$$

#### Dónde:

$Y_{ijkl}$ = Valor,  $\mu$ =Media general,  $\alpha_i$ =Especies,  $\beta_j$ =Concentraciones,  $\gamma_k$ =Balances nutricionales,  $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ =Interacción Especies, concentraciones y balances nutricionales,  $E_{ijkl}$  Error experimental

En factor A corresponde a las especies, las cuales fueron tres, el factor B pertenecieron a las concentraciones nutrimentales con cuatro niveles (100, 200, 400 y 800 mg L<sup>-1</sup>) y factor C, balance nutrimental con tres niveles que fueron: fertilizantes solubles en interacción con tres niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100) como factor B (Cuadro 3 y Figura 1). Como fuente de fertilizantes se usó, urea (46-00-00), fosfato monoamónico (12-61-00) y nitrato de potasio (12-00-46).

**Cuadro 3. Tratamientos de fertilización considerando concentración ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y balance nutrimental en la fertilización de plántulas de cactáceas.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Concentración (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	<b>Balance nutrimental (N,P,K)</b>
0	Agua	Agua
1	100	100-50-50
2	100	100-50-100
3	100	50-50-100
4	200	100-50-50
5	200	100-50-100
6	200	50-50-100
7	400	100-50-50
8	400	100-50-100
9	400	50-50-100
10	800	100-50-50
11	800	100-50-100
12	800	50-50-100

Estos tratamientos se compararon con dos testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) por ser los fertilizantes utilizados por los productores en los viveros o invernaderos de cactáceas de ornato y con dos soluciones nutritivas de Steiner al 25% y 50% (Steiner, 1984) (Cuadros 4 y 5). Como unidad experimental se consideraron 5 plantas y 5 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos de fertilización se ajustaron considerando un pH de 6.5 con ácido fosfórico y una conductividad eléctrica de  $2 \text{ dS m}^{-1}$ . Estos tratamientos fueron suministrados mediante un sistema de fertirriego realizando la aplicación cada 15 días alternando con un riego sin fertilización (Figura 1).

**Cuadro 4.- Fertilizantes comerciales empleados por productores de cactáceas.**

Tratamiento	Fertilizante	Balance nutricional (N,P,K)
13	Triple 17	17-17-17
14	Triple 20	20-20-20
Tratamiento	Solución nutritiva	Concentración
T15	Steiner	25 %
T16	Steiner	50 %

**Cuadro 5. Solución nutritiva Steiner.**

Fertilizante	Steiner 25% (g/L <sup>-1</sup> )	Steiner 50%
Ca(NO <sub>3</sub> )	0.2655	0.531
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.0544	0.10888
Mg(NO <sub>3</sub> )	0.05126	0.10253
Mg(SO <sub>4</sub> )	0.07394	0.14789
KCL	0.04476	0.08952
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.06534	0.13069
NH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.0528	0.1056
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0.16	0.32

**3.5. Variables crecimiento vegetativo.** - Se registraron a partir de los 30 y hasta 153 días después del trasplante (DDT).

**Altura de la planta (At, cm).** - Medido desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta, con un vernier digital (Figura 4).

**Diámetros ecuatorial y polar.** - Con los que se calculó el diámetro promedio (*Dp*, cm).

**Peso fresco y seco parte aérea y raíz.**

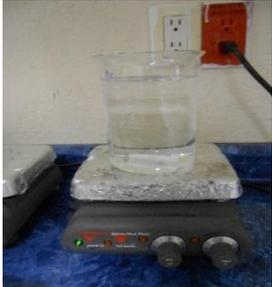
Al final de la evaluación (153 DDT), se determinó el peso de materia fresca y seca de la parte aérea y raíz. El secado se hizo en estufa (Marca Felisa) por 72 h a 70 °C hasta peso constante en gramos (g) (Figura 1).

### **3.6. Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). –**

Para este análisis se seleccionó una planta de cada tratamiento, la concentración de N se determinó por el método Kjeldahl (Benton and Wolf, 1991), el P y el K fueron leídos en digestado de material vegetal con ácido sulfúrico, ácido perclórico y peróxido de hidrógeno en relación 2:1:1 (v:v:v), en un equipo ICP-OES (Agilent, 725-AES).

### **3.7. Análisis estadístico**

Las variables evaluadas se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento GLM del Sistema de Análisis Estadístico SAS, (Versión 9.3) realizando un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias Tukey a una probabilidad del 95% (Figura 4).

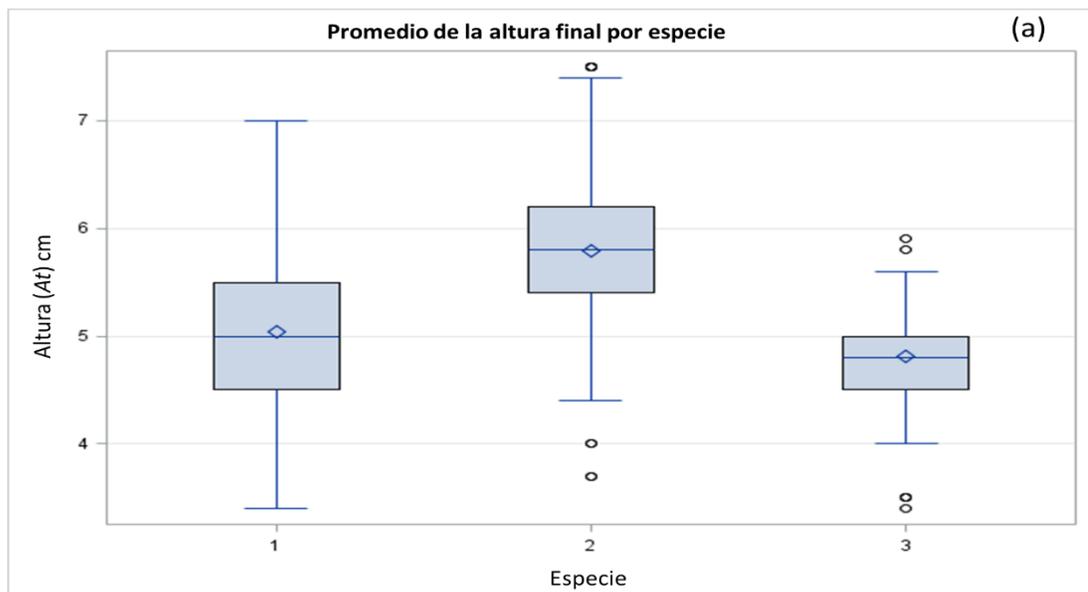
 <p>Pesado de fertilizantes</p>	 <p>Preparación de las soluciones madre</p>	 <p>Dilución de las soluciones madre</p>
 <p>Tratamientos</p>	 <p>Esterilización de sustrato</p>	 <p>Llenado de macetas con sustrato</p>
 <p>Material Vegetal</p>	 <p>Trasplante del material vegetal</p>	 <p>Establecimiento de tratamientos</p>
 <p>Medida Diámetro Ecuatorial</p>	 <p>Medida de Diámetro Polar</p>	 <p>Medida Altura</p>

**Figura 4.-** Materiales utilizados, preparación soluciones, esterilización sustrato, enmacetado, trasplante y medición de variables

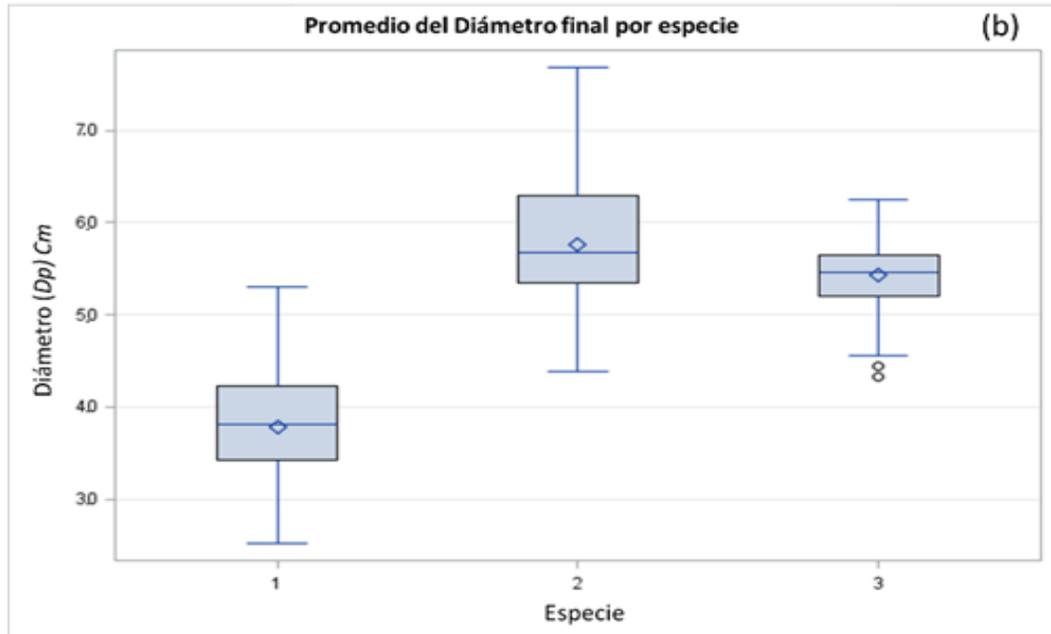
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Influencia de especies

A los 153 Días Después del Trasplantes (DDT) existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre especies, siendo las plantas de *Ferocactus glaucescens* las que superaron al final de la evaluación al resto de las especies evaluadas registrando mayor altura ( $At$ ) (5.79 cm) y diámetro promedio ( $Dp$ ) (5.76 cm). Le siguieron en orden de importancia las plantas de *Cephalocereus senilis* con una  $At$  de 5.04 cm. La menor  $At$  de las plantas se registró de *Melocactus matanzanus* con un  $At$  de 4.81 cm; sin embargo, las plantas de esta especie registraron mayor  $Dp$  de (5.43 cm) que las plantas de *Cephalocereus senilis* con un  $Dp$  de 3.78 cm (Figuras 5a y 5b).



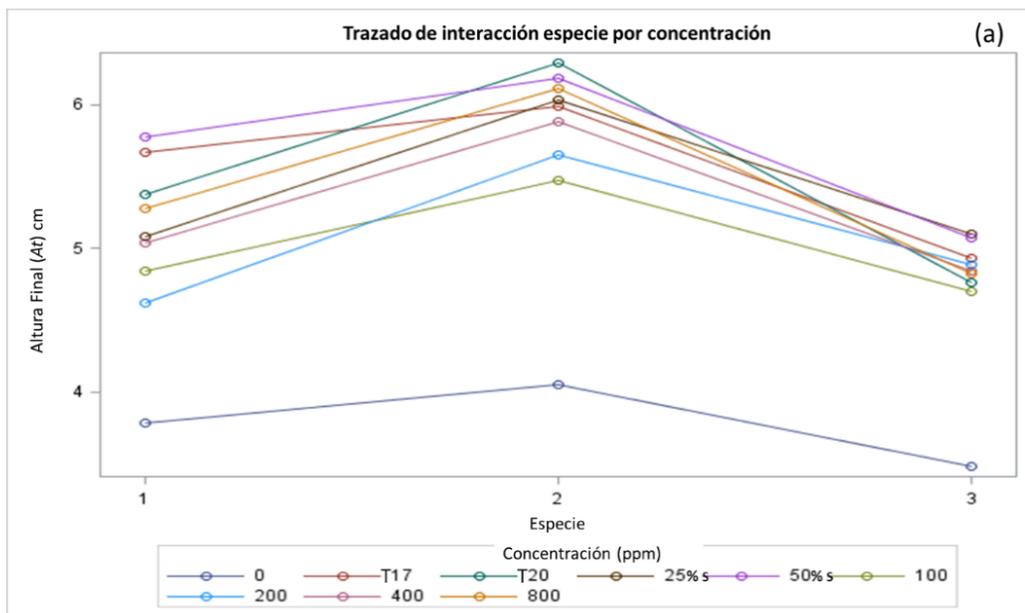
**Figura 5 (a).**- Crecimiento final en altura ( $At$ ) de cactáceas ornamentales; 1) viejito (*Cephalocereus senilis*), 2) biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens*) y 3) erizo (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.



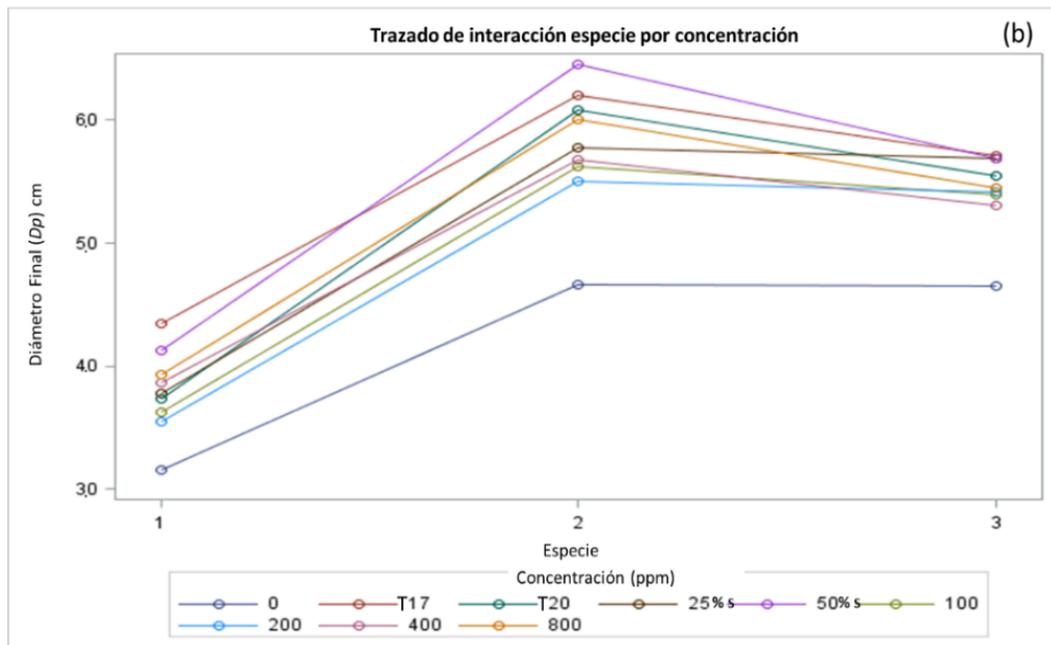
**Figura 6 (b).**- Crecimiento final en el Diámetro promedio ( $D_p$ ) de cactáceas ornamentales; 1) viejito (*Cephalocereus senilis*), 2) biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens*) y 3) erizo (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.

## Influencia de concentraciones

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre las concentraciones donde las plantas de la biznaga azul (*F. glaucescens*) fueron superadas al final de la evaluación al resto de las especies evaluadas, registrando mayor *At* (5.73 cm) con el testigo comercial Triple 20; existiendo con esta variable una reducida diferencia con respecto la solución nutritiva Steiner al 50 % y 25 %, donde las plantas alcanzaron una altura relativamente menor pero registraron un mayor diámetro (*Dp*, 5.77 cm) (Figuras 6a y 6b).



**Figura 8 (a).**- Influencia de la concentración nutricional en el crecimiento a) Altura final (*At*) de cactáceas ornamentales; 1) viejito (*Cephalocereus senilis*), 2) biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens*) y 3) erizo (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.



**Figura 9 (b).**- Influencia de la concentración nutrimental en el crecimiento b) diámetro promedio ( $D_p$ ) de cactáceas ornamentales; 1) viejito (*Cephalocereus senilis*), 2) biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens*) y 3) erizo (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.

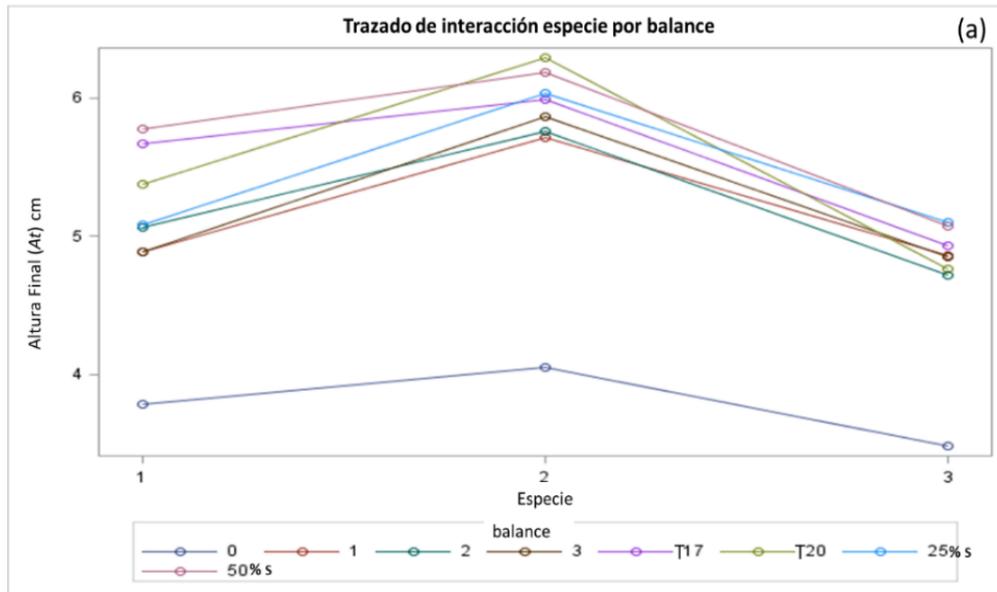
Las plantas del viejito (*C. senilis*) registraron mayor respuesta con la solución nutritiva Steiner al 50 %, registrando una  $At$  final de 5.05 cm con un  $D_p$  de 3.79 cm, mientras que las plantas del erizo (*M. matanzanus*) registraron mayor crecimiento ( $At$  4.73 cm y  $D_p$  5.42 cm) con la solución nutritiva Steiner al 50 % y 25 %. Estos resultados muestran que entre especies existen diferencias en los requerimientos nutrimentales, siendo la solución de Steiner la que presenta un balance nutrimental que proporciona a las plantas elementos nutrimentales esenciales para su crecimiento y desarrollo. El Testigo Comercial Triple 20 resultó positivo para el crecimiento de una de las tres especies evaluadas; sin embargo, este tipo de producto carece de elementos nutritivos tales como el calcio, magnesio y azufre que sí están presentes en la solución nutritiva Steiner, los cuales le ayudan a la planta a tener un desarrollo y crecimiento adecuado, dándoles un aspecto llamativo como una mejor coloración mayor vigor y calidad ornamental siendo estas características las más deseadas por los consumidores.

## **Influencia del balance nutrimental**

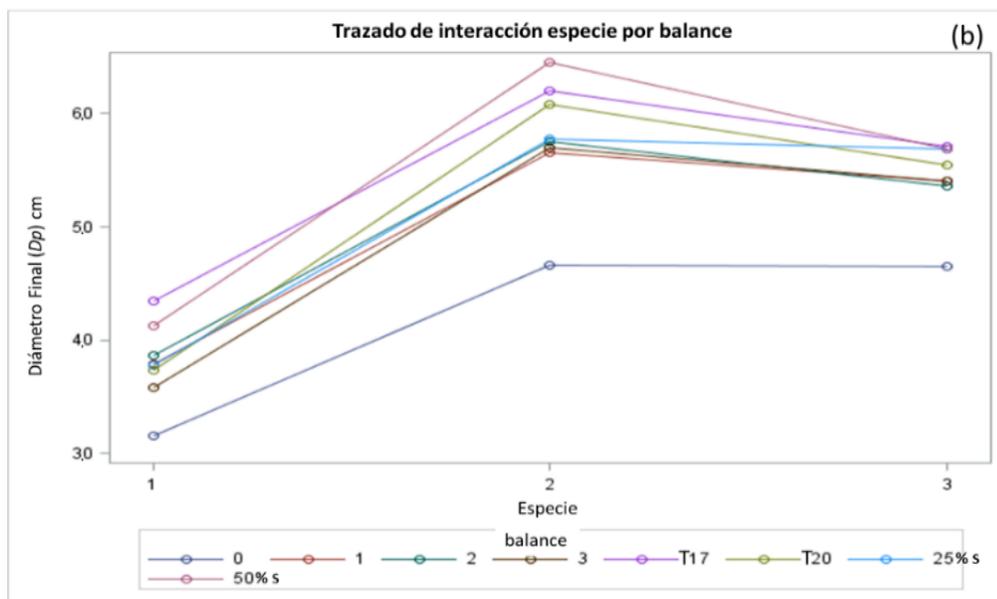
Existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre los balances nutrimentales evaluados, donde las plantas de la biznaga azul (*F. glaucescens*) superaron al final de la evaluación al resto de las especies evaluadas, registrando mayor *At* (5.73 cm) con el balance nutrimental del testigo comercial Triple 20; existiendo con esta variable una reducida diferencia con respecto al balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 25% y 50%, donde las plantas alcanzaron una altura relativamente menor pero registraron un mayor diámetro (*Dp*, 5.78 cm) (Figuras 7a y 7b).

Las plantas del viejito (*C. senilis*) registraron mayor respuesta con el balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 50 por ciento, registrando una *At* final de 5.06 cm con un *Dp* de 3.79 cm. Mientras que las plantas del erizo (*M. matanzanus*) registraron mayor crecimiento en diámetro (*At* 4.72 cm y *Dp* 5.43 cm) con el balance nutrimental de la nutritiva Steiner al 50 % y 25 %. Estos resultados muestran que entre especies existen diferencias en los requerimientos nutrimentales siendo la solución de Steiner la que presenta un balance nutrimental que proporciona a las plantas elementos nutrimentales esenciales para su desarrollo y crecimiento.

El Testigo Comercial Triple 20 resultó positivo para el crecimiento de una de las tres especies evaluadas; sin embargo, este tipo de producto carece de elementos nutritivos tales como el calcio, magnesio y azufre que si están presentes en la solución nutritiva Steiner, los cuales le ayudan a la planta a tener un desarrollo y crecimiento adecuado, dándoles un aspecto llamativo como una mejor coloración mayor vigor y calidad ornamental.



(1) 100-50-50 (2) 100-50-100 (3) 50-50-100



(1) 100-50-50 (2) 100-50-100 (3) 50-50-100

**Figura 10.-Influencia del balance nutricional en el crecimiento a) Altura ( $A_t$ ) y (b) diámetro promedio ( $D_p$ ) de cactáceas ornamentales; 1) viejito (*Cephalocereus senilis*), 2) biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens*) y 3) erizo (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.**

La aplicación de las concentraciones y balances nutrimentales tienen una influencia positiva en el desarrollo y crecimiento de las especies acelerando el proceso de producción y el tiempo de crecimiento de las mismas, reduciendo ampliamente los costos de producción y la estadía de las plantas en el invernadero para ser comercializadas en el menor tiempo posible.

El balance nutrimental 100-50-100 obtuvo una diferencia significativa en la *At* y *Dp* comparado con el balance nutrimental 100-50-50 y 50-50-100 solo en la primera especie. En la segunda y tercera especie el balance nutrimental 50-50-100 obtuvo mayor altura y mayor diámetro comparado a los balances nutrimentales 100-50-100 y 100-50-50 porque estos balances tuvieron mayor concentración de N.

Estos dos últimos balances fueron estadísticamente iguales, pero no cumplen con los elementos necesarios que demanda las cactáceas ornamentales evaluadas.

Estos balances cuentan con UREA (46-00-00) y 2 fertilizantes más fosfato monoamónico técnico y nitrato de potasio (12-00-46), en las cactáceas evaluadas su respuesta fue menor que la respuesta obtenida con a las soluciones hidropónicas propuestas por Steiner (1968) es una solución nutritiva que contiene todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algunos micronutrientes que pueden estar presentes en la solución y están disponibles para la planta.

La solución nutritiva Steiner, representó en esta investigación, una solución nutritiva balanceada con respecto a los elementos nutritivos, mostrando eficiencia en la absorción y balance de nutrientes. Con la solución nutritiva Steiner al 50% y 25% el aporte en la concentración de nitrógeno fue de 84 ppm y de 42 ppm respectivamente, siendo el K el elemento (136.5 ppm) que aportó mayor concentración

## Viejito (*Cephalocereus senilis* Haw)

### Influencia de concentraciones

#### Altura (*At*).

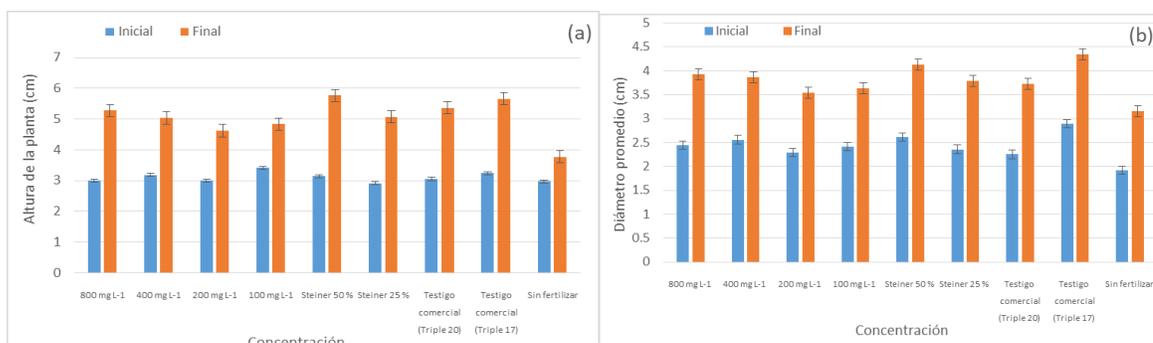
Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre concentraciones, siendo la concentración de la solución nutritiva Steiner al 50 % la que superó al resto de los tratamientos evaluados, obteniendo a los 153 DDT plantas con un *At* de hasta 5.76 cm existiendo una diferencia del 35 % con respecto al tratamiento sin fertilizar.

Los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 fueron estadísticamente iguales registrando un *At* no mayor a 5.66 cm.

Las concentraciones de 800 mg\*L<sup>-1</sup> y 400 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K junto con la solución nutritiva Steiner al 25% fueron estadísticamente iguales con una *At* de hasta 5.27 cm. La menor respuesta se obtuvo con las concentraciones de 100 mg\*L<sup>-1</sup> y 200 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K (Figura 8a).

#### Diámetro promedio (*Dp*).

La concentración de la solución nutritiva Steiner al 50 % y el testigo comercial Triple 17, superaron al resto de concentraciones evaluadas, registrando al final de la evaluación un *Dp* 4.34 cm existiendo una diferencia del 28% con respecto al tratamiento sin fertilizar (Figura 8b).



**Figura 11.-** Influencia de la concentración nutrimental del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) del Viejito (*Cephalocereus senilis* Haw), en invernadero.

La concentración de la solución nutritiva Steiner al 25 % junto con el testigo comercial Triple 20 y las concentraciones de 800 mg\*L<sup>-1</sup> y 400 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K fueron estadísticamente iguales registrando a los 153 DDT un *Dp* de hasta 3.93 cm. La menor respuesta se obtuvo con las concentraciones de 100 mg\*L<sup>-1</sup> y 200 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K (Figura 8b).

## **Influencia del balance nutrimental**

### **Altura (*At*).**

En esta variable, se obtuvo una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ), entre los balances nutrimentales evaluados, siendo el balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 50% junto con el testigo comercial Triple 17 estadísticamente iguales superando al resto de los balances evaluados, obteniendo durante este periodo plantas con un *At* de 5.76 cm existiendo una diferencia del 35% con respecto al tratamiento sin fertilizar (Figura 9a).

La solución nutritiva Steiner al 25% junto con el testigo comercial Triple 20 y el balance 100-50-100 de N,P,K fueron estadísticamente iguales registrando al final del periodo de la evaluación un *At* de hasta 5.36 cm.

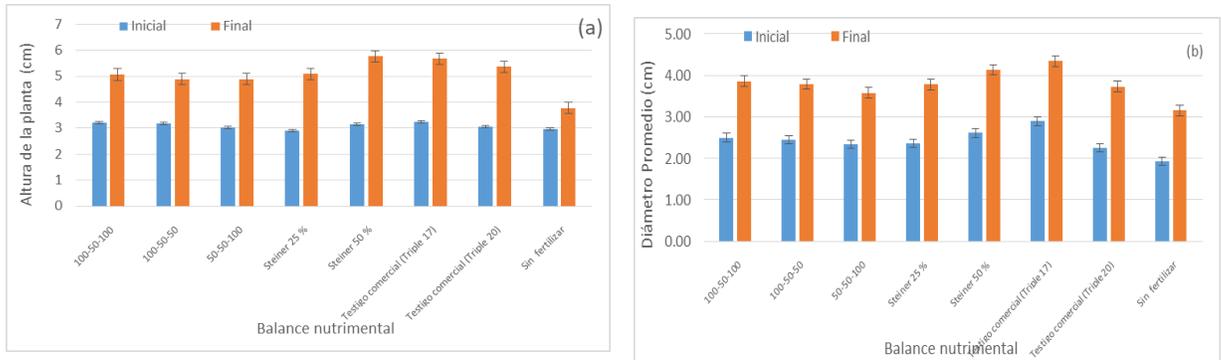
La menor respuesta se obtuvo con los balances nutrimentales 100-50-50 y 50-50-100 de N,P,K, los que fueron estadísticamente iguales, registrando al final de la evaluación un *At* promedio de 5.07 cm, existiendo una diferencia del 22 % con respecto al tratamiento sin fertilizar.

### **Diámetro promedio (*Dp*).**

El balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 50% y testigo comercial Triple 17 fueron estadísticamente iguales, superando al resto de los balances evaluados, registrando un *Dp* de hasta 4.34 cm existiendo una diferencia del 28 % con respecto al tratamiento sin fertilizar.

El balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 25%, el Testigo comercial Triple 20 y los balances nutrimentales 100-50-50 y 100-50-100 de N,P,K fueron estadísticamente iguales registrando al final del periodo un *Dp* de 3.85 cm existiendo una diferencia del 18 % con respecto a las plantas sin fertilizar

(Figura 9b). La menor respuesta se obtuvo con el balance nutrimental 50-50-100 de N,P,K con un  $Dp$  semejante al tratamiento sin fertilizar.



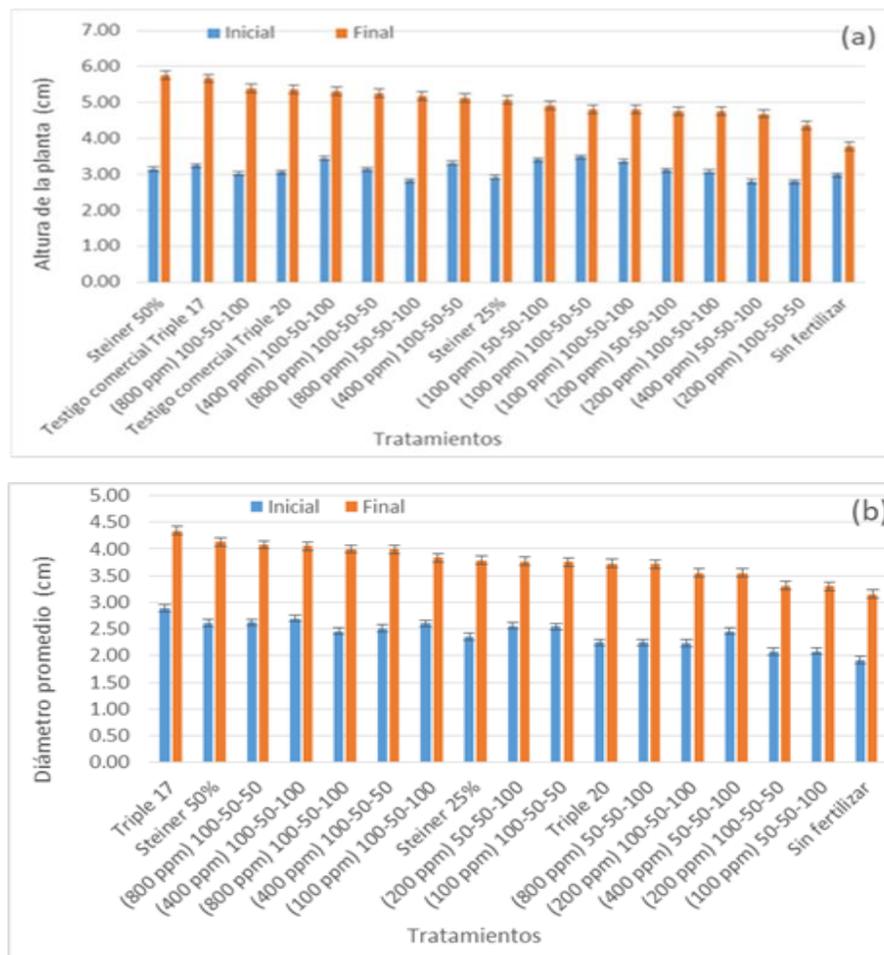
**Figura 12.-** Influencia del balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) del Viejito (*Cephalocereus senilis* Haw), en invernadero.

### Influencia de tratamientos

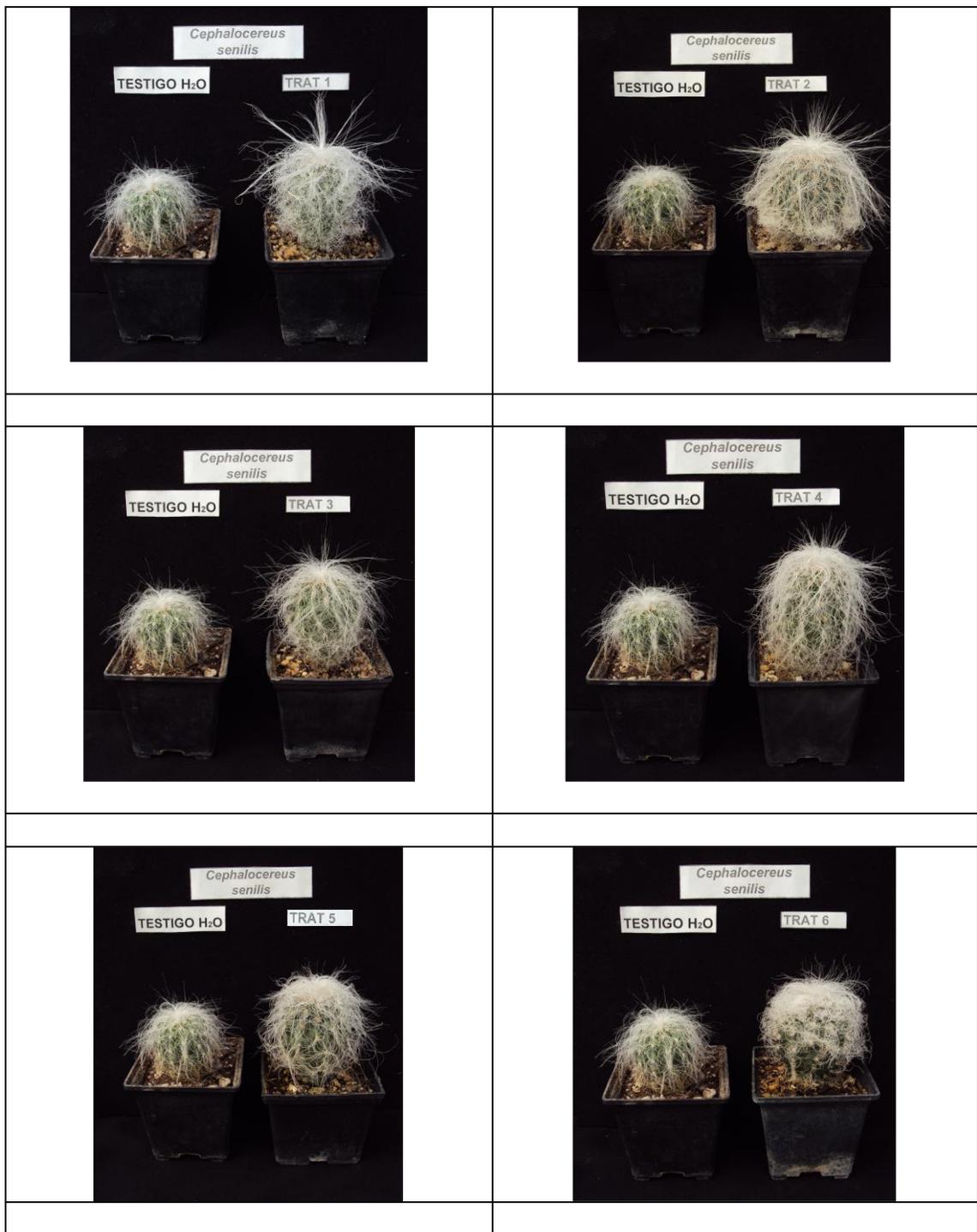
Se realizó una prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) considerando la interacción de la concentración y el balance nutrimental de N,P,K donde las plantas que se fertilizaron con la solución nutritiva Steiner al 50 % junto con el testigo comercial Triple 17 (grupo A) fueron los tratamientos de fertirriego que promueven el crecimiento en invernadero en la etapa 1 de esta especie registrándose a los 153 DDT, plantas con una  $At$  de hasta 5.76 cm y  $Dp$  de 4.34 cm superando estadísticamente al resto de los tratamientos evaluados incluidos el testigo comercial Triple 20 y el Steiner al 25% obteniendo un incremento en altura de planta del 35% con respecto al tratamiento sin fertilización (Figura 10a). La planta a las que se les aplicó la solución Steiner presentó mayor vigor se apreciaba una, coloración -más intensa y una mayor rigidez en sus espinas, siendo estos los aspectos más importantes buscados por los productores, mostrando calidad comercial en la Etapa 1 de desarrollo vegetativo en un tiempo de 5.10 meses. Considerando que esta especie es de muy lento crecimiento los resultados obtenidos con el tratamiento referido reducen el tiempo que el productor invierte en el proceso de producción con esta especie, por lo que el aplicar esta solución durante el proceso del cultivo es recomendable.

Los resultados muestran que la altura y diámetro de la planta se reducen conforme la concentración de  $\text{mg}^*\text{L}^{-1}$  disminuye de  $800 \text{ mg}^*\text{L}^{-1}$  a  $400 \text{ mg}^*\text{L}^{-1}$  con los tres balances nutrimentales evaluados (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100), influencia similar al testigo comercial Triple 20 y a la solución nutritiva Steiner 25%, registrando un  $At$  de hasta 5.36 cm y  $Dp$  de 3.99 cm.

La menor respuesta se obtuvo con la concentración de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  y  $200 \text{ mg}^*\text{L}^{-1}$  con los tres balances nutrimentales evaluados (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100), registrando plantas con un  $At$  de hasta 4.91cm y  $Dp$  de 3.76 cm (Figuras 10a y 10b; Figura 11).

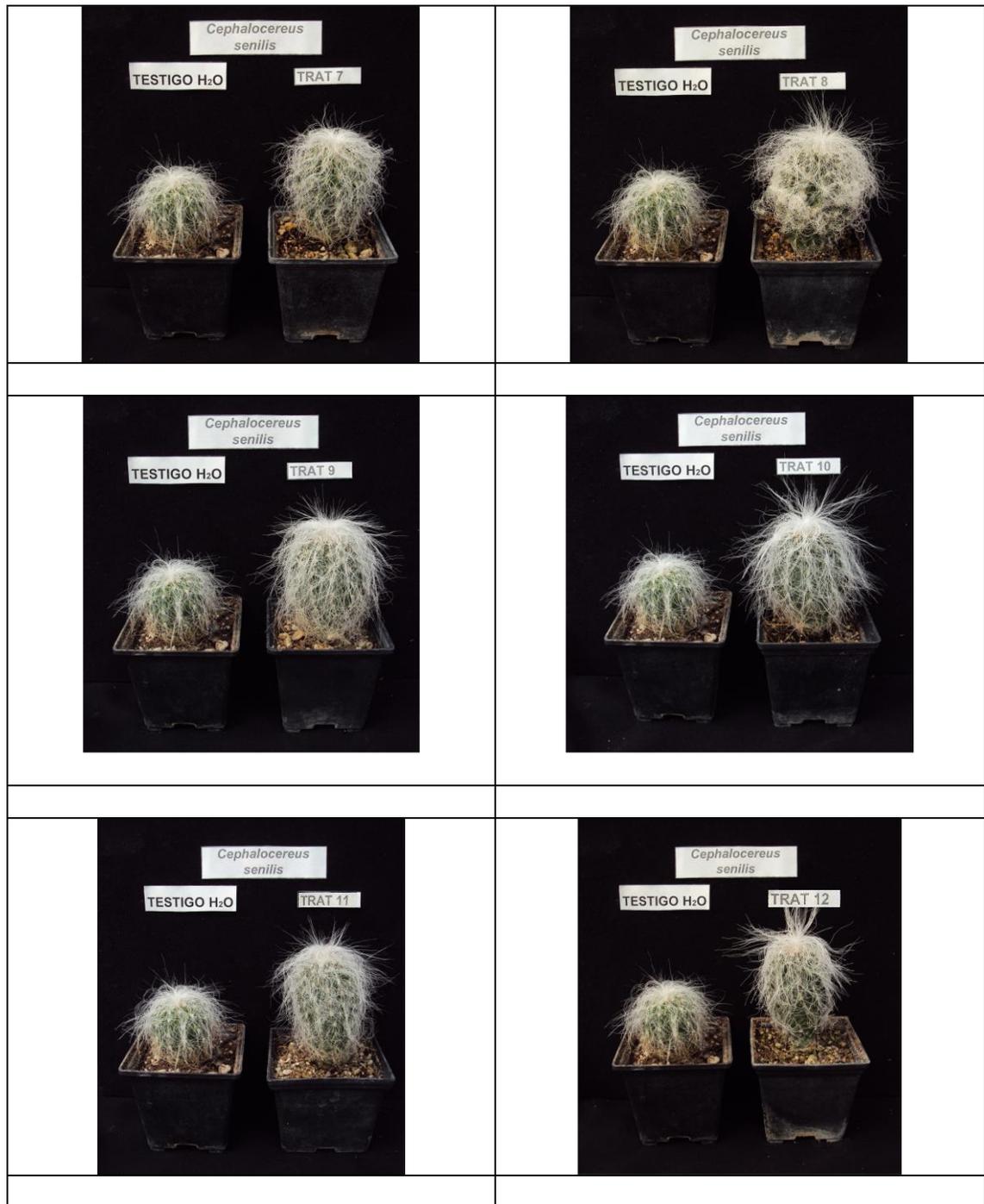


**Figura 13.-**Influencia de la concentración y balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) del Viejito (*Cephalocereus senilis* Haw), en invernadero.



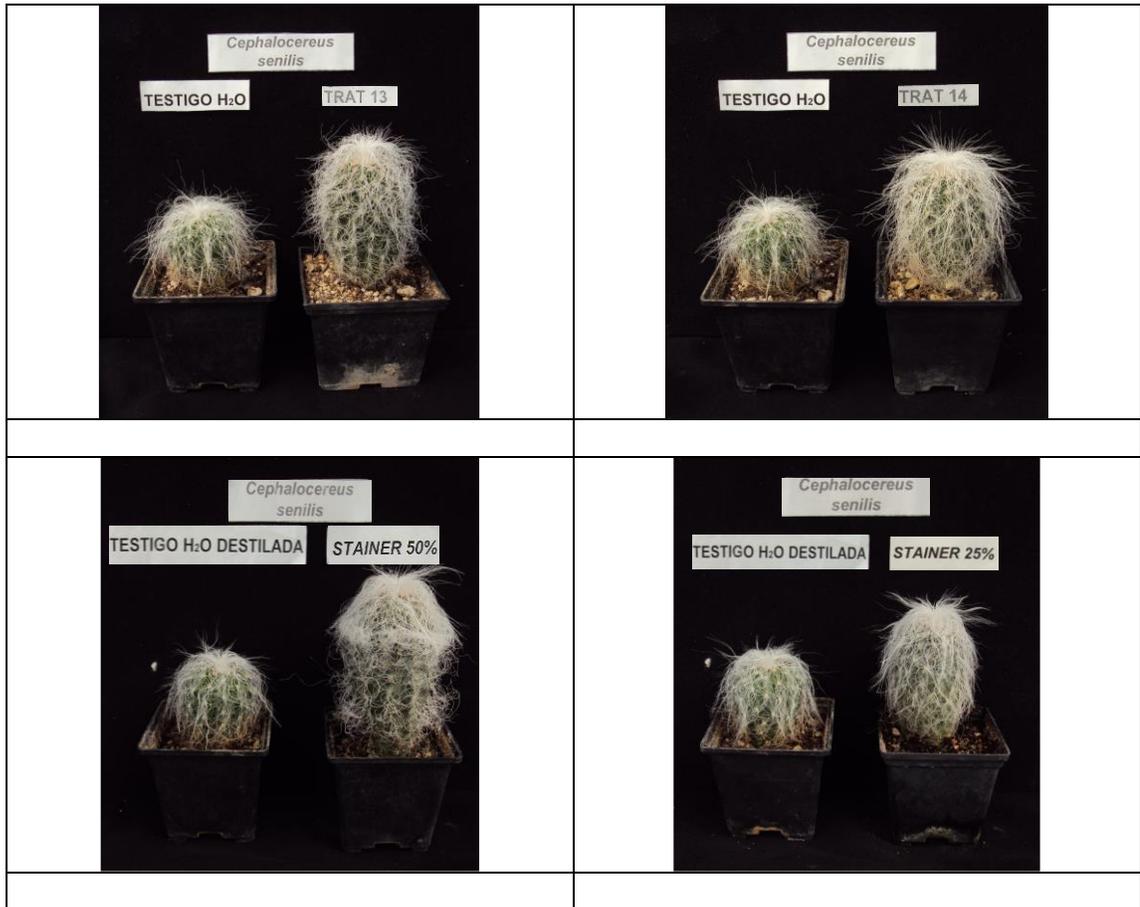
**Figura 14.**-Comparación en altura y diámetro de las plantas del viejito (*Cephalocereus senilis* (Haworth), Pfeiffer.) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

**Continuación ...**



**Figura 11.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas del viejito (*Cephalocereus senilis* (Haworth), Pfeiffer.) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

**continuación**



**Figura 11.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas del viejito (*Cephallocereus senilis* (Haworth), Pfeiffer.) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

## **Biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* de Candolle).**

### **Influencia de concentraciones**

#### **Altura (*At*).**

En esta variable se obtuvieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre concentraciones, siendo la concentración del testigo comercial Triple 20 el que superó al resto de los tratamientos evaluados, obteniendo a los 153 DDT plantas con un *At* de hasta 6.28 cm existiendo una diferencia del 36 % con respecto al tratamiento sin fertilizar.

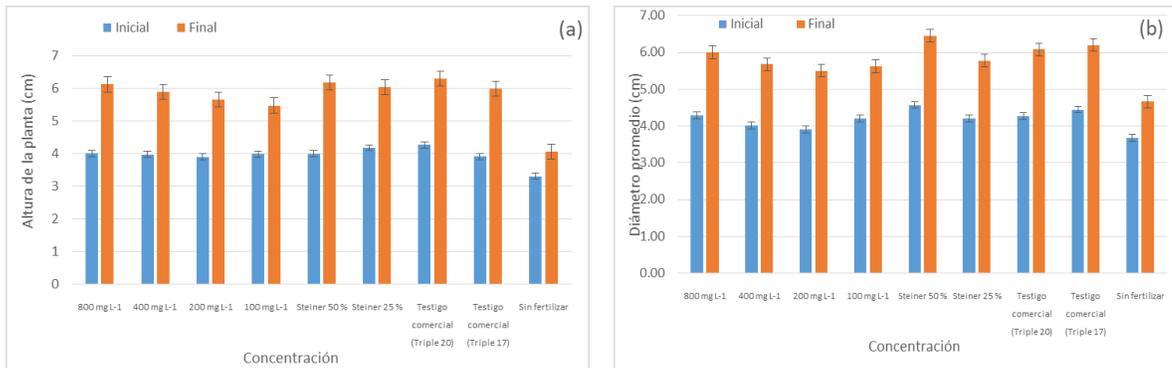
Las concentraciones de las soluciones nutritivas Steiner al 25 y 50% junto con la concentración de 800 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K fueron estadísticamente iguales registrando un *At* no mayor a 6.17 cm.

Las concentraciones de 400, 200, y 100 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K junto con el testigo comercial Triple 17 fueron estadísticamente iguales con una *At* de hasta 5.98 cm. (Figura 12a).

#### **Diámetro promedio (*Dp*).**

La concentración de la solución nutritiva Steiner al 50 % superó al resto de concentraciones evaluadas, registrando al final de la evaluación un *Dp* 6.45 cm existiendo una diferencia del 28% con respecto al tratamiento sin fertilizar (Figura 12b).

La concentración de la solución nutritiva Steiner al 25 %, los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 junto con las concentraciones de 800 mg\*L<sup>-1</sup> y 400 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K fueron estadísticamente iguales, registrando a los 153 DDT un *Dp* de hasta 6.08 cm. La menor respuesta se obtuvo con la concentración de la junto con las concentraciones de 100 y 200 mg\*L<sup>-1</sup> de N,P,K (Figura 12b).



**Figura 15.-** Influencia de la concentración nutrimental del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* de Candolle) en invernadero.

## Influencia del balance nutrimental

### Altura (*At*).

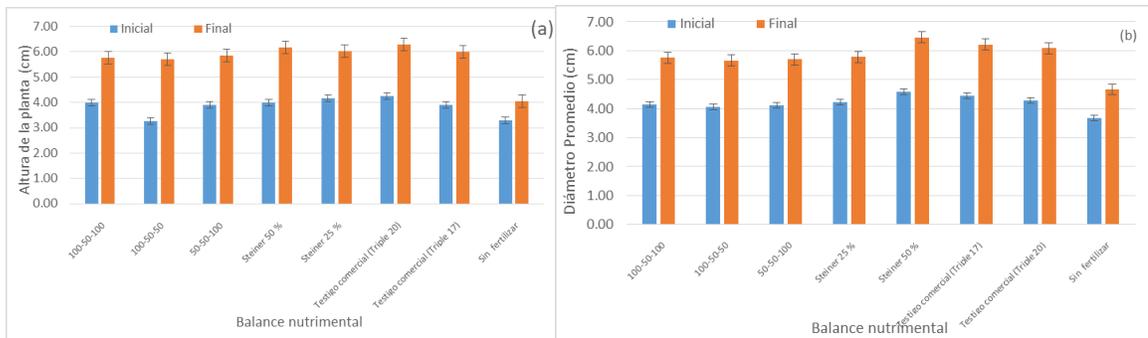
Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre los balances nutrimentales evaluados, siendo las soluciones nutritivas Steiner al 25 % y 50% junto con el testigo comercial Triple 20 estadísticamente iguales superando al resto de los balances evaluados, obteniendo durante este periodo plantas con un *At* de 6.28 cm existiendo una diferencia del 36% con respecto al tratamiento sin fertilizar (Figura 13a).

La menor respuesta se obtuvo con el balance nutrimental del testigo comercial Triple 17 junto con los balances nutrimentales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de N,P,K quienes fueron estadísticamente iguales, registrando al final del periodo de la evaluación un *At* no mayor de 5.98 cm existiendo una diferencia del 32 % con respecto al tratamiento sin fertilizar.

### Diámetro promedio (*Dp*).

El balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 50% fue superior al resto de los balances evaluados, registrando un *Dp* de hasta 6.45 cm existiendo una diferencia del 28 % con respecto al tratamiento sin fertilizar.

El balance nutricional de los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 fueron estadísticamente iguales registrando al final del periodo un  $Dp$  de 6.08 cm existiendo una diferencia del 23 % con respecto a las plantas sin fertilizar (Figura 13b). La menor respuesta se obtuvo con la solución nutritiva Steiner al 25% junto con los balances nutricionales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de N,P,K registrando al final del periodo de la evaluación un  $At$  de hasta 5.77 cm.



**Figura 16.-** Influencia del balance nutricional de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* de Candolle) en invernadero.

## Influencia de tratamientos

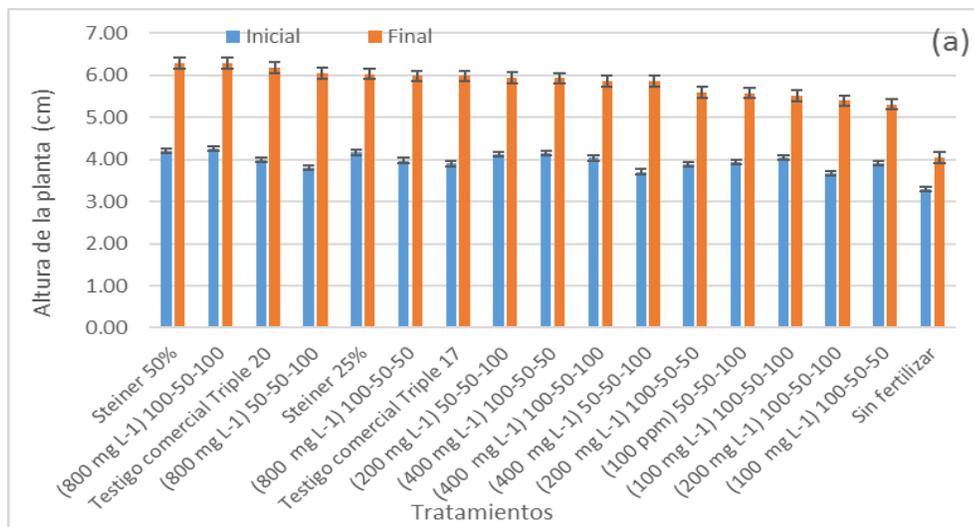
### Altura de las plantas ( $At$ )

Se realizó un ANOVA y prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) considerando la interacción de la concentración y el balance nutricional de N,P,K donde se seleccionó la solución nutritiva Steiner al 50% y el tratamiento de 800  $mg \cdot L^{-1}$  con el balance nutricional 100-50-100 de N,P,K (grupo A) como los tratamientos de fertirriego que promueven el crecimiento en invernadero en la etapa 1 de esta especie registrándose a los 153 DDT, plantas con una altura mayor a 6.29 cm superando estadísticamente al resto de los tratamientos evaluados incluidos los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20), obteniendo un incremento en altura de planta del 35.50% con respecto al tratamiento sin fertilización (Figuras 14a y 14b).

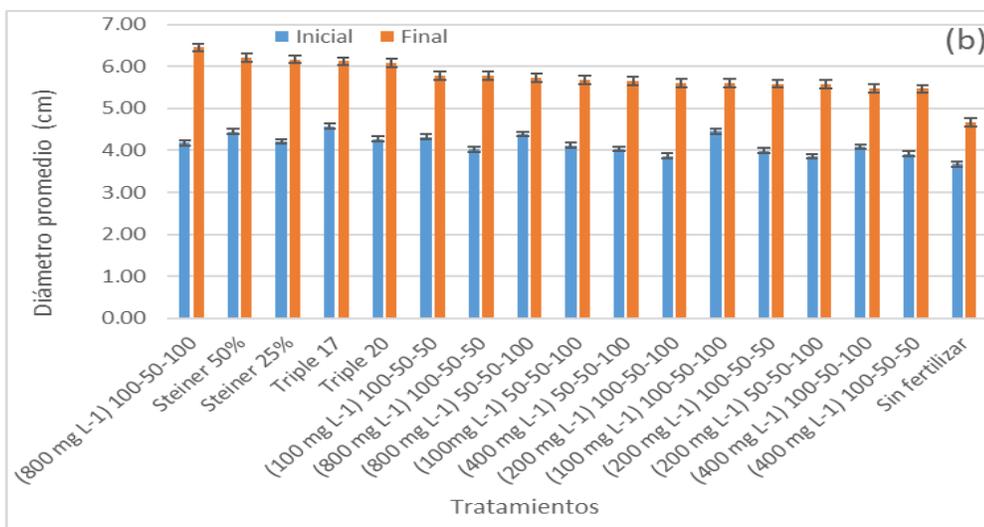
La altura de planta es una de las características más importantes para este cultivar, para la presentación como planta de maceta en su comercialización. Plantas con tamaño menor al obtenido con los tratamientos anteriores son

difíciles de comercializar, pierden calidad y precio en los centros de venta. Al respecto, Langton *et al.*, (1999), Flores (2009) y Spurway y Thomas, (2001) refieren que la altura de la planta es también un buen indicador de una suficiente o deficiente nutrición. Para el caso de este tipo de cactáceas las variables de calidad son el tamaño de la planta (altura y diámetro), color del tallo, rigidez y firmeza de las espinas.

En orden de importancia le siguieron los tratamientos donde se aplicó la solución Steiner al 25% y los tratamientos con 800 mg\*L<sup>-1</sup> con los balances nutrimentales 100-50-100 y 50-50-100 de N,P,K registrando una altura de 5.99 cm. A partir de estos tratamientos los resultados mostraron que conforme la concentración de mg\*L<sup>-1</sup> disminuye de 400 a 100 mg\*L<sup>-1</sup> en los tres balances nutrimentales de N,P,K evaluados (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100) la altura disminuye, encontrando la menor respuesta con el tratamiento de 100 mg\*L<sup>-1</sup> que se elaboró con el balance nutrimental 100-50-50 de N,P,K registrando una altura de 5.31 cm, la cual representa una diferencia con respecto al testigo sin fertilizar de 1.26 cm.



**Figura 17 (a).**- Concentración y balance nutrimental de N,P,K en el fertirriego en la altura de planta (a) de la biznaga “barril azul” (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton & Rose, en invernadero.



**Figura 14 (b).**- Concentración y balance nutrimental de N,P,K en el fertirriego en el diámetro promedio (b) de la biznaga “barril azul” (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton & Rose, en invernadero.

### Diámetro promedio (*Dp*)

Después de los 153 DDT, la solución nutritiva Steiner al 50% y el tratamiento de 800 mg\*L<sup>-1</sup> con el balance nutrimental 100-50-100 de N,P,K fueron los tratamientos de fertirriego que promueven el mayor diámetro de las plantas, registrando un valor medio de 6.45 cm, el cual superó al resto de los tratamientos evaluados. Los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 registraron un diámetro promedio de 6.14 cm (Figura 14b Figura 15).

### Materia fresca y seca del tallo y raíz

Existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en pesos de materia fresca y seca de tallo y raíz, siendo los tratamientos con la solución Steiner al 50 % y el tratamiento de 800 mg\*L<sup>-1</sup> con el balance nutrimental 100-50-100 de N,P,K los que generaron mayor biomasa en materia fresca y seca del tallo y raíz, superando a los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) y al resto de los tratamientos evaluados, por lo que las soluciones nutritivas aplicadas tuvieron un influencia en la producción de biomasa (Cuadro 6). Estos resultados coinciden con los reportados por Trejo, *et al.* (2013), Lara (1990) y Villanueva, *et al.* (2010) quienes refieren que la fertilización con N y K en cada fase fenológica influye de manera diferencial la producción de biomasa.

**Cuadro 6.-** Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en plantas de barril azul (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton y Rose) en invernadero después de 153 DDT con distintas concentraciones y balances nutrimentales.

Tratamiento		Materia fresca de tallo (g)*	Materia seca de tallo	Materia fresca de raíz	Materia seca de raíz	N	P	K
		(g*kg <sup>-1</sup> de materia seca)						
1	(100 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	38.14 f	4.85 f	2.14 ef	0.22 d	5.60	2.16	20.75
2	(100 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	73.71 c		3.46 d		9.10	1.25	10.97
3	(100 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	73.71 c		3.59 d		4.90	1.71	16.37
4	(200 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	71.00 cd	8.88 d	1.00 f	0.23 d	8.40	1.68	17.62
5	(200 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	38.12 f		4.42 c		7.00	1.32	13.81
6	(200 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	49.11 e		2.96 e		8.70	1.10	13.69
7	(400 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	49.00 e	7.31 e	4.00 d	0.90 c	12.20	0.68	6.64
8	(400 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	42.49 e		2.28 ef		5.60	1.63	13.53
9	(400 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	68.17 cd		0.86 f		5.20	1.30	14.59
10	(800 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	78.00 c	9.6 d	1.00 f	0.14 d	4.50	1.67	25.16
11	(800 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	80.00 b	19.65 ab	3.00 b	1.13 b	4.20	1.66	20.03
12	(800 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	59.73 d		4.81 c		5.60	1.07	9.83
13	Triple 17	49.00 e	17.9 b	0.5 g	0.95 cd	7.70	2.16	14.42
14	Triple 20	67.00 cd		1.00 f		7.35	3.29	16.96
15	Steiner 25%	43.00 ef	11.06 c	1.00 f	0.84 cd	8.05	1.45	11.08
16	Steiner 50%	92.00 a	22.91 a	6.00 a	1.77 a	5.60	1.75	9.28

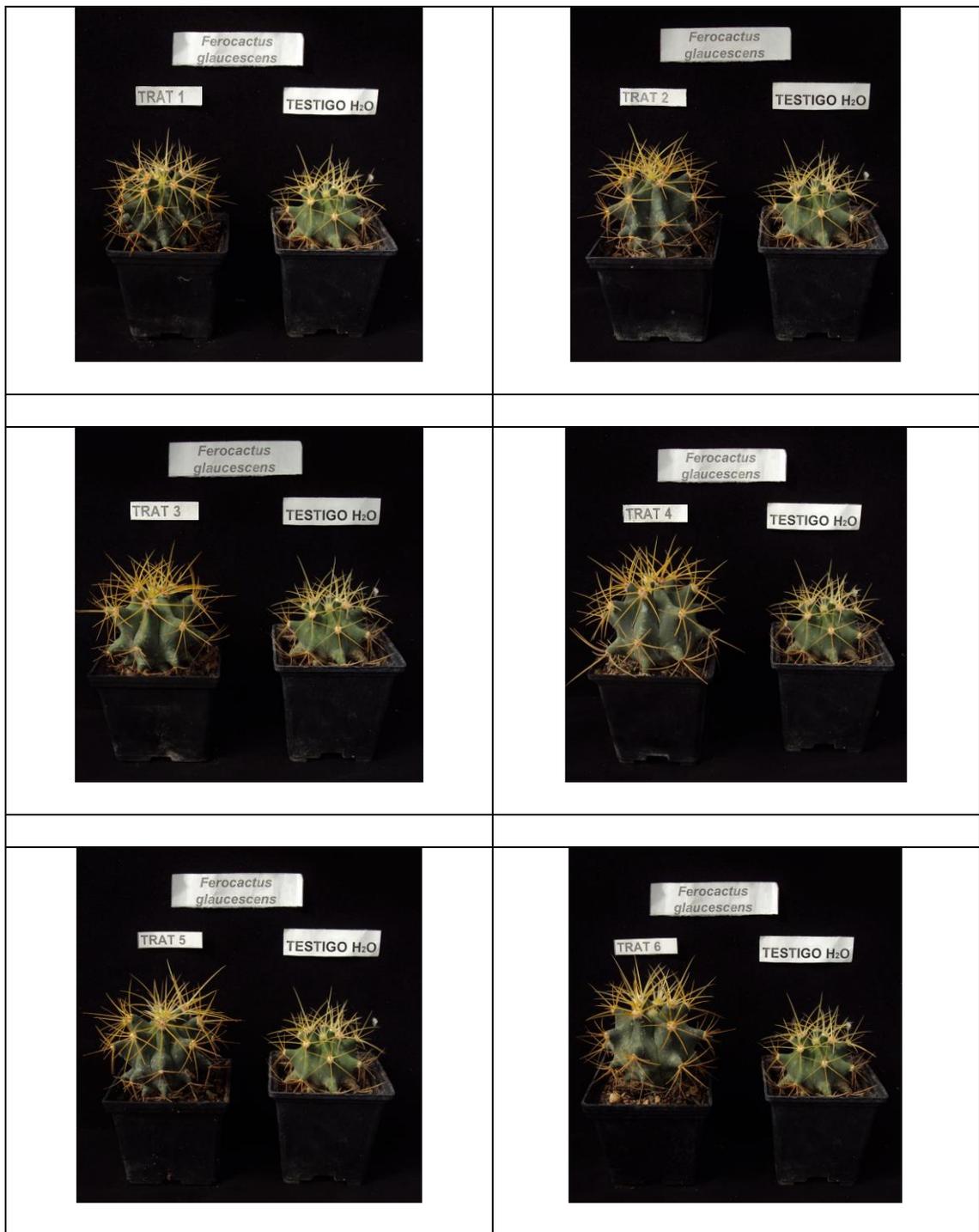
\*Medias con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos

### Concentración total de N, P y K en la planta

La solución nutritiva Steiner al 50% mostró ser una solución balanceada, con respecto a los elementos nutritivos que aportó al agua que se usó, donde el sistema radicular de tipo ramificado de la planta pudo absorber los nutrimentos. Con esta solución el aporte del nitrógeno (N) fue de 5.6 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca, del fósforo (P) de 1.75 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca y potasio (K) de 9.28 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca, siendo este último elemento de mayor concentración en la planta (Cuadro 6). Asimismo, esta solución nutritiva aportó otros macroelementos secundarios como el calcio (90 mg\*L<sup>-1</sup>) magnesio (24.5 mg\*L<sup>-1</sup>) y azufre (56 mg\*L<sup>-1</sup>). La solución nutritiva de 800 mg\*L<sup>-1</sup> con el balance nutrimental 100-50-100 de N,K,P aportó a las plantas una concentración semejante de nitrógeno (N) y fósforo (P) a la obtenida con la solución Steiner al 50%, pero el potasio (K) asimilado por las plantas fue mayor (20.03 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca), mostrando que en esta etapa la demanda de K en la planta fue superior a la de N. Rueda *et al.* (2016) mencionan que el N se pierde más rápidamente en el sustrato que el K y que con los riegos se incrementa la relación K:N en etapas tempranas del cultivo, relación que favorece el incremento en tamaño y la calidad de la planta

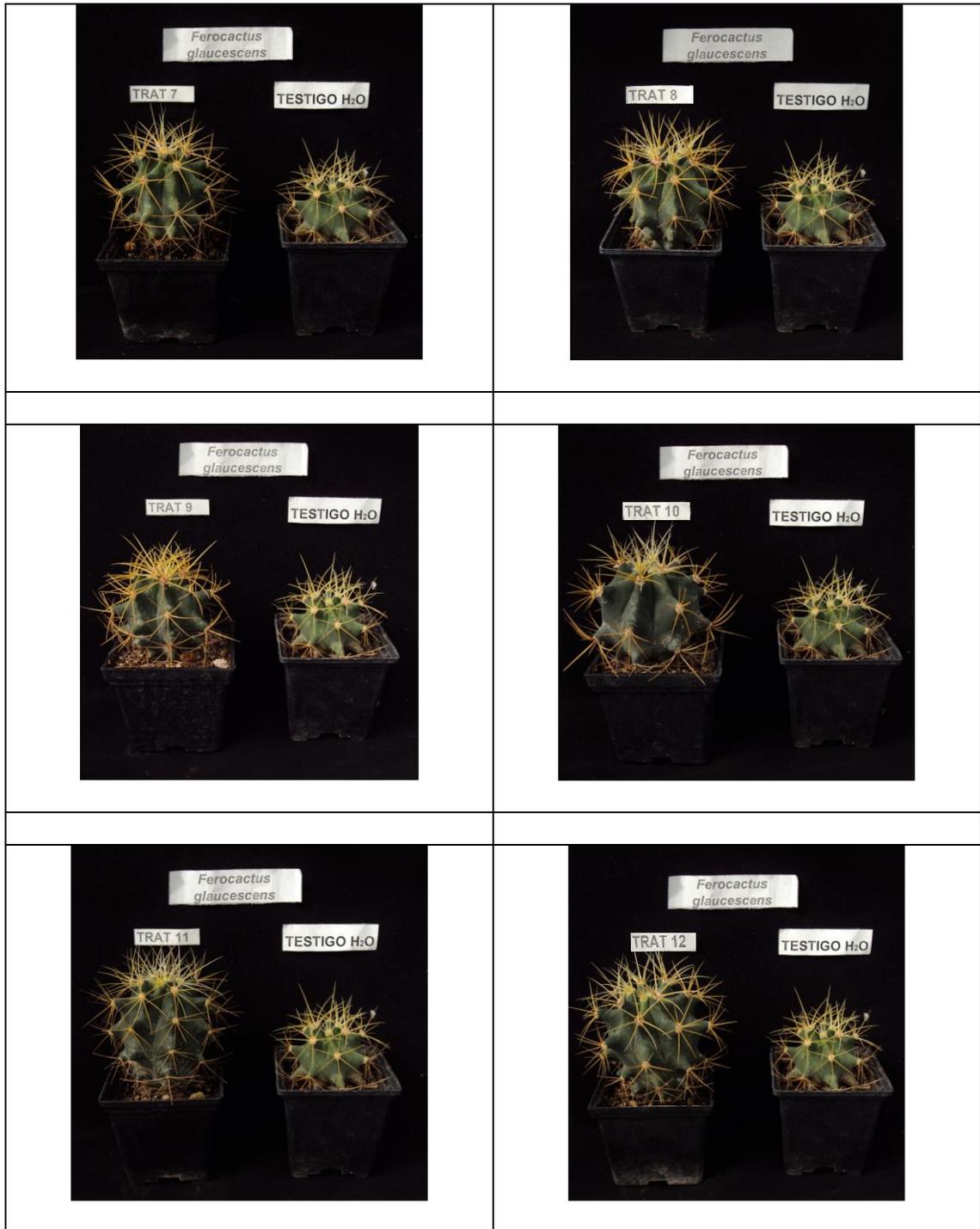
de maceta, influencia que se obtuvo con los tratamientos referidos, por lo que ambas soluciones nutritivas son adecuadas dentro de los rangos de suficiencia.

Los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) superaron en nitrógeno (N) ( $7.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de materia seca), fósforo (P) ( $2.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de materia seca) y potasio (K) ( $14.42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  a las plantas de los tratamientos referidos y aunque éstas no mostraron síntomas de toxicidad fueron plantas de menor tamaño, lo afectó su calidad comercial.

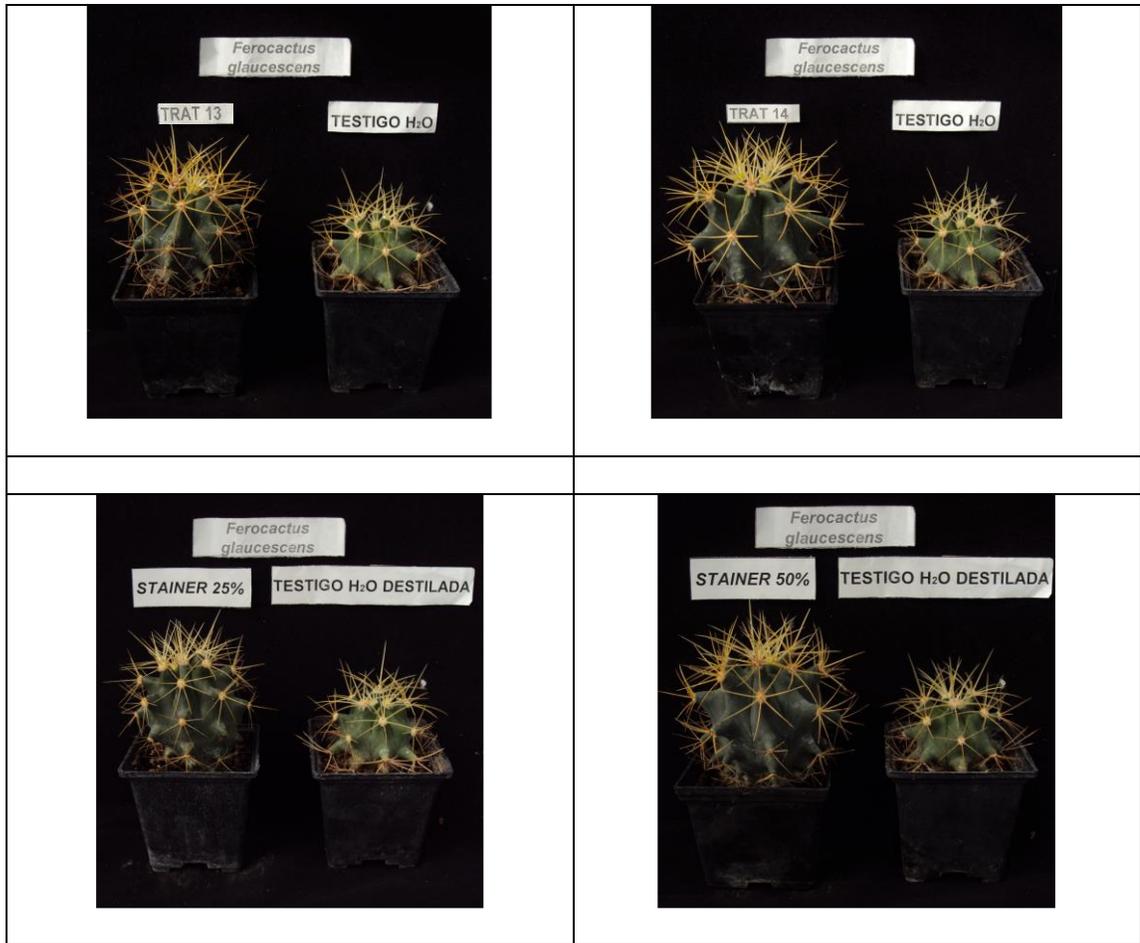


**Figura 15.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* de Candolle) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

**Continuación....**



**Figura 15.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* de Candolle) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.



**Figura 15.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* de Candolle) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

## Biznaga Erizo (*Melocactus matanzanus* León)

### Influencia de concentraciones

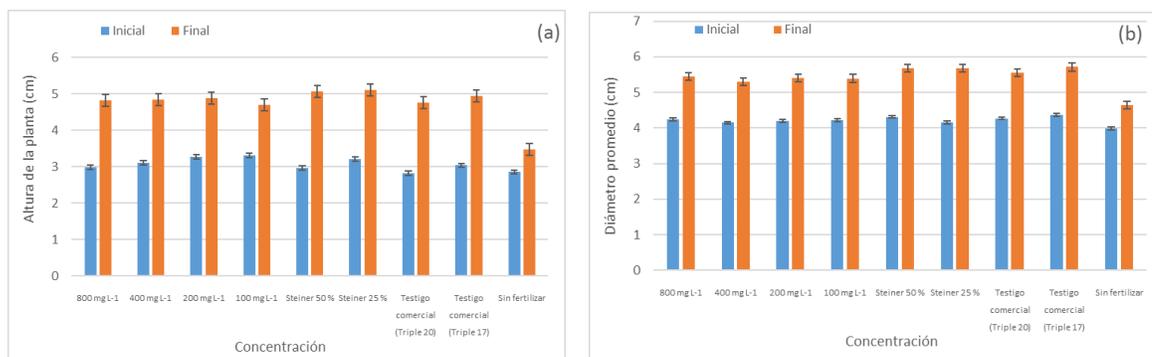
#### Altura (*At*)

Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre concentraciones, siendo las concentraciones de la solución nutritiva Steiner al 25% y 50 % iguales estadísticamente superando al resto de los tratamientos evaluados, obteniendo durante este periodo plantas con un *At* de hasta 5.10 cm existiendo una diferencia del 32 % con respecto al tratamiento si fertilizar.

Las concentraciones de 100, 200, 400 y 800 ppm de N,P,K junto con los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 fueron iguales estadísticamente, registrando al final de la evaluación un *At* no mayor a 4.93 cm (Figura 16a).

#### Diámetro promedio (*Dp*)

Las concentraciones de la solución nutritiva Steiner al 25 y 50 % junto con los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 fueron estadísticamente iguales, superando al resto de las concentraciones evaluadas, registrando al final de la evaluación un *Dp* 5.7 cm existiendo una diferencia del 19 % con respecto al tratamiento si fertilizar (Figura 16b).



**Figura 16.-** Influencia de la concentración nutrimental del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga “erizo” (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.

## Influencia del balance nutrimental

### Altura ( $A_t$ )

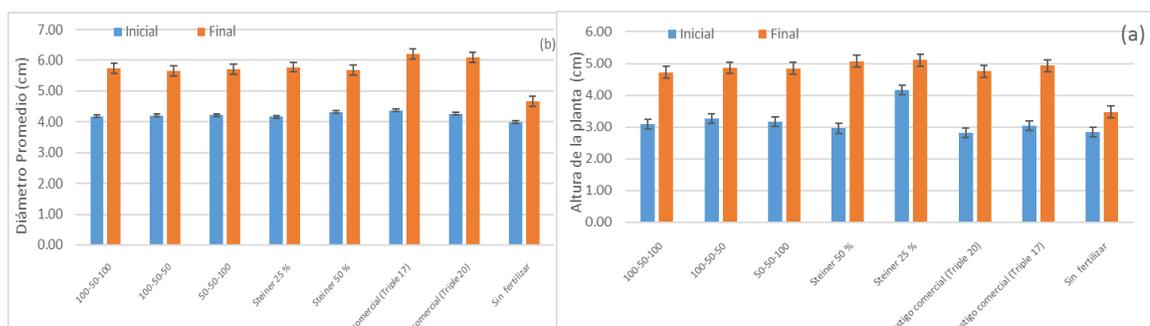
Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre los balances nutrimentales evaluados, siendo el balance nutrimental de la solución Steiner al 25 % y 50% estadísticamente iguales superando al resto de los balances evaluados, obteniendo durante este periodo plantas con un  $A_t$  de 5.10 cm (Figura 17a).

Los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 junto con los balances nutrimentales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de N,P,K fueron estadísticamente iguales registrando al final de la evaluación un  $A_t$  promedio de 4.93 cm, existiendo una diferencia existiendo del 30 % con respecto al tratamiento si fertilizar.

### Diámetro promedio ( $D_p$ )

El balance nutrimental de la solución Steiner al 25% y 50 % junto con los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 fueron iguales estadísticamente superando al resto de los balances evaluados, registrando un  $D_p$  de hasta 5.71 cm existiendo una diferencia del 17 % con respecto al tratamiento si fertilizar.

Los balances nutrimentales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de N,P,K fueron iguales estadísticamente registrando al final del periodo un  $D_p$  de 5.40 cm existiendo diferencia del 14 % con respecto a las plantas sin fertilizar (Figura 17b).



**Figura 17.-** Influencia del balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta (a) y diámetro promedio (b) de la biznaga “Erizo” (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.

## **Influencia de tratamientos**

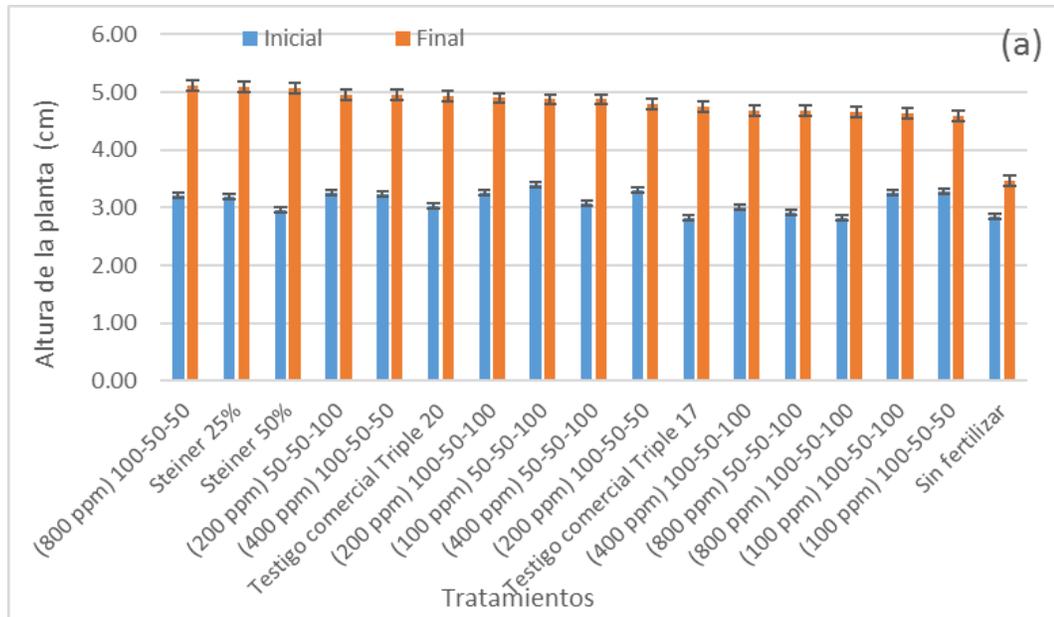
### **Altura de las plantas (*At*)**

Se realizó una prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) considerando la interacción de la concentración y el balance nutrimental de N,P,K donde las plantas que se fertilizaron con la solución nutritiva Steiner al 25 % y 50 % junto con el tratamiento de  $800 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  con el balance nutrimental 100-50-50 de N,P,K (grupo A) fueron los tratamientos de fertirriego que promueven el crecimiento en invernadero en la etapa 1 de esta especie registrándose a los 153 DDT, plantas con una *At* de hasta 5.12 cm superando estadísticamente al resto de los tratamientos evaluados incluidos los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20), obteniendo un incremento en altura de planta del 32% con respecto al tratamiento sin fertilización (Figura 18a). Las plantas a las que se les aplicó la solución Steiner presentaron mayor vigor en el tallo, coloración más intensa y una mayor rigidez en sus espinas, siendo estos los aspectos más importantes buscados por los productores, mostrando calidad comercial en la Etapa 1 de desarrollo vegetativo en un tiempo de 5.10 meses. Considerando que esta especie es de muy lento crecimiento los resultados obtenidos con el tratamiento referido reducen el tiempo que el productor invierte en el proceso de producción con esta especie, por lo que el aplicar esta solución es recomendable.

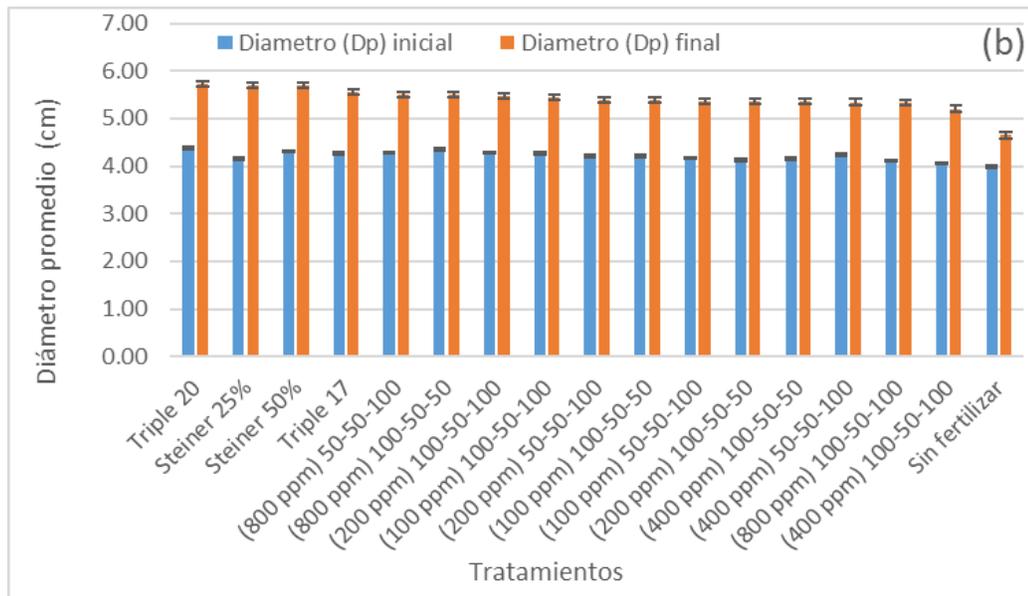
Los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 junto con el resto de los tratamientos evaluados fueron iguales estadísticamente registrando una *At* de 4.5 a 4.96 cm, observando que conforme la concentración de  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  disminuyen de 400 a  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  en los tres balances nutrimentales de N,P,K evaluados (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100) la altura y diámetro de la planta disminuyen, encontrando la menor respuesta con el tratamiento de  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  que se elaboró con el balance nutrimental 100-50-50 de N,P,K registrando una *At* de 4.58 cm y *Dp* de 5.37 cm lo que representa una diferencia con respecto al testigo sin fertilizar del 24 % y 14 % respectivamente (Figura 18a).

## Diámetro promedio ( $D_p$ )

Después de los 153 DDT, la solución nutritiva Steiner al 25 y 50% junto con los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 fueron iguales estadísticamente registrando plantas con un  $D_p$  de 5.71 cm superando al resto de los tratamientos evaluados; sin embargo, las alturas de las plantas de los testigos comerciales fueron de menor tamaño ( $A_t = 4.93$  cm) (Figura 18b).



**Figura 18 (a).**- Influencia de la concentración y balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en la altura de planta ( $A_t$ ) de la biznaga “Erizo” (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.



**Figura 18 (b).**- Influencia de la concentración y balance nutrimental de N, P y K del fertirriego en el diámetro promedio ( $D_p$ ) de la biznaga “Erizo” (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero.

### Materia fresca y seca del tallo y raíz.

Existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en pesos de materia fresca y seca de tallo y raíz, siendo el testigo comercial Triple 17 el que generó mayor biomasa en materia fresca y seca del tallo y raíz, superando a los tratamientos con la solución nutritiva Steiner al 25 % y 50 % y al tratamiento de  $800 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  con el balance nutrimental 100-50-50 de N,P,K a pesar que en estos últimos el tamaño de las plantas fue mayor, por lo que las soluciones nutrimentales aplicadas tuvieron un influencia en la producción de biomasa (Cuadro 7).

**Cuadro 7.-** Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en plantas de erizo (*Melocactus matanzanus* León) en invernadero después de 153 DDT con distintas concentraciones y balances nutrimentales.

Tratamiento		Materia fresca de tallo (g)*	Materia seca de tallo	Materia fresca de raíz	Materia seca de raíz	N	P	K
		(g*kg <sup>-1</sup> de materia seca)						
1	(100 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	80.00 b	7.31 g	3.59 e	1.77 b	5.6 h	2.12m	12.53 c
2	(100 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	73.71 d		3.46 f		4.9 j	2.25 i	11.37 e
3	(100 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	73.71 d		3.59 e		6.65 e	1.56 p	10.00 h
4	(200 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	71.00 e	22.91 a	1.00 g	0.41 d	7.7 c	3.09 a	10.83 f
5	(200 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	38.12 n		4.42 c		7.35 d	2.17 j	5.92 p
6	(200 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	49.11 j		2.96 h		8.75 a	2.27 h	10.13 g
7	(400 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	49.00 k	11.06 d	4.00 d	0.84 c	7.7 c	2.13 l	9.28 k
8	(400 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	42.49 m		2.28 j		5.25 i	2.4 g	7.07 o
9	(400 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	68.17 f		0.86 l		8.4 b	1.74 o	15.46 a
10	(800 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-50	78.00 c	9.60 e	1.00 k	0.14 h	5.95 g	2.66 d	13.55 b
11	(800 mg*L <sup>-1</sup> ) 100-50-100	49.46 i		2.55 i		4.55 k	2.16 k	7.62 n
12	(800 mg*L <sup>-1</sup> ) 50-50-100	59.73 h		4.81 b		4.9 j	2.03 n	8.00 l
13	Triple 17	92.00 a	17.9 c	6.00 a	3.13 a	5.95 g	2.78 c	7.69 m
14	Triple 20	67.00 g	19.65 b	1.00 k	0.26 e	5.6 h	2.9 b	12.04 d
15	Steiner 25%	43.00 l	4.85 h	1.00 k	0.22 g	6.3 f	2.44 f	9.86 j
16	Steiner 50%	49.00 k	8.88 f	0.50 m	0.23 f	4.2 l	2.55 e	9.87 i

\*Medias con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos

Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta (Mengel, *et al.*, 2001).

Estos resultados coinciden con los reportados por Trejo *et al.* (2013), Lara (1990) y Villanueva *et al.* (2010) quienes refieren que la fertilización con N y K en cada fase fenológica influye de manera diferencial la producción de biomasa.

También coinciden con Barraza (2012), quien refiere que la respuesta del cultivar es proporcional al suministro de nutrimentos, ya que con la solución nutritiva al Steiner al 25% de concentración se presentaron valores más bajos de rendimiento y de acumulación de materia seca total y de órganos de la planta.

Los resultados se relacionan a lo reportado por Clostre y Suni (2007) quienes reportan que el incremento de la concentración de potasio del medio de cultivo eleva el rendimiento del peso fresco. El contenido de materia seca disminuyó con proporciones de  $\text{N-NH}_4^+$  superiores a las de  $\text{N-NO}_3^-$ , así como con el incremento de la concentración de potasio en el medio de cultivo. La absorción y contenido, tanto del fósforo como del potasio, se incrementan a medida que sus respectivas concentraciones en el medio de cultivo se elevan. Altas proporciones de  $\text{N-NH}_4^+$  en el medio de cultivo disminuyen el contenido de fósforo y potasio en la materia seca.

### **Concentración total de N, P y K en la planta.**

El testigo comercial Triple 17 registró una concentración de nitrógeno (N) ( $5.95 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de materia seca) y fósforo (P) ( $2.78 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de materia seca) semejante al tratamiento de  $800 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  con el balance nutricional 100-50-50 de N,P,K; sin embargo, las plantas de este último tratamiento fueron de mayor tamaño el altura y diámetro (Cuadros 8 y 9; Figura 17). En esta etapa las plantas de ambos tratamientos acumularon más potasio (K) ( $13.55 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de materia seca) que nitrógeno (N) y fosforo (P).

Las plantas que se fertilizaron con la solución nutritiva Steiner al 25 % y 50% registraron un aporte semejante en fósforo (P) de  $2.44 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de materia seca y potasio (K) de  $9.86 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de materia seca, siendo este último elemento de mayor concentración en las plantas; mientras que el aporte de nitrógeno (N) vario de  $4.20$  a  $6.30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de materia seca. Asimismo, esta solución nutritiva aportó otros macroelementos secundarios como el calcio ( $90 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) magnesio ( $24.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y azufre ( $56 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

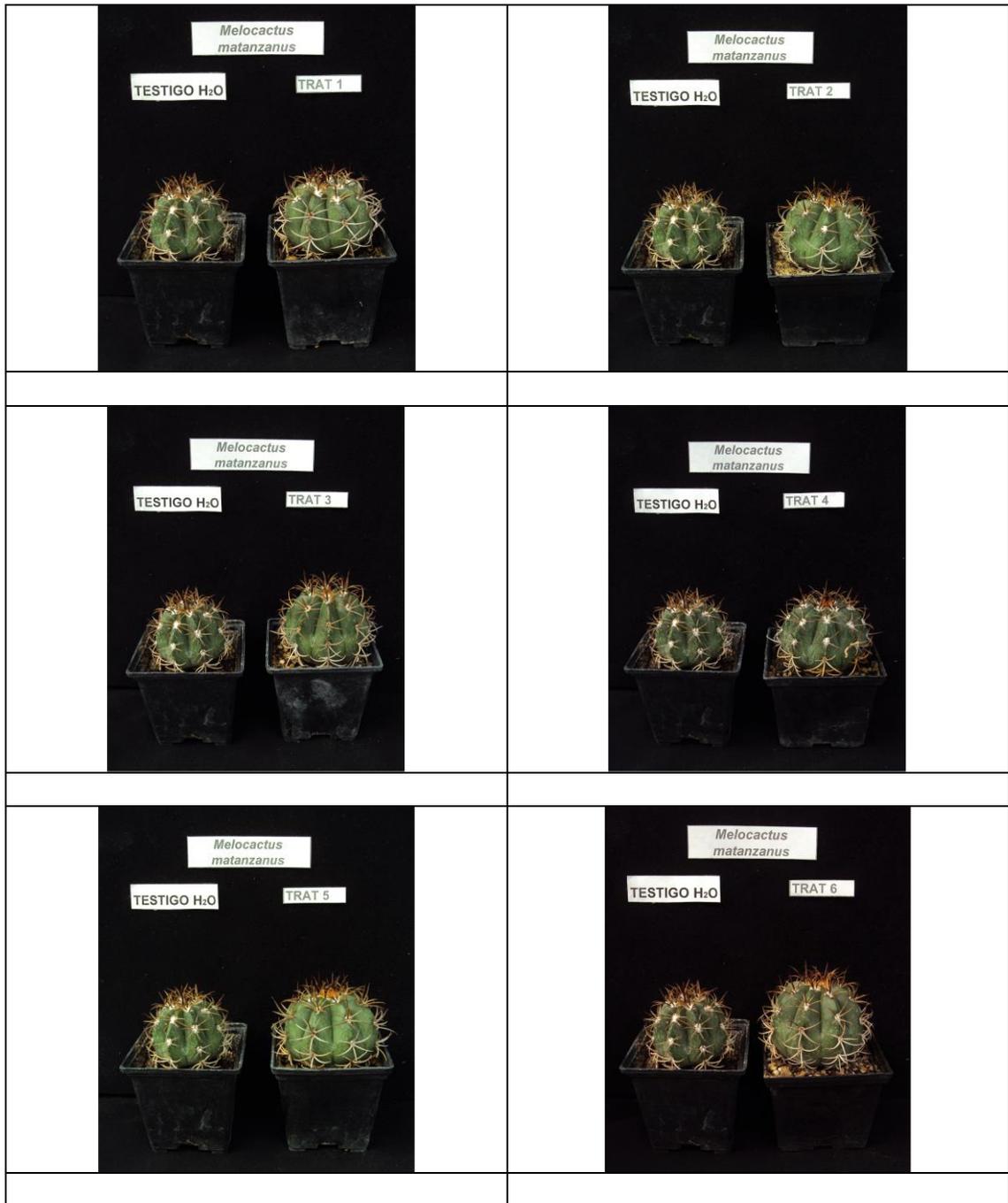
Los resultados muestran que en esta etapa la demanda de K en la planta fue superior a la de N, al respecto Rueda *et al.* (2016) menciona que el N se pierde más rápidamente en el sustrato que el K y que con los riegos se incrementa la relación K:N en etapas tempranas del cultivo, relación que favorece el incremento en tamaño y la calidad de la planta de maceta, efecto que se obtuvo

con los tratamientos referidos, por lo que ambas soluciones nutritivas son adecuadas dentro de los rangos de suficiencia.

Estos resultados también coinciden con los que menciona Yfran *et al.*, (2017) quienes refieren que el potasio (K) se caracteriza por la gran movilidad y solubilidad en el interior de los tejidos, ejerce una gran influencia en la permeabilidad de las membranas celulares y en la hidratación de los tejidos. Este elemento nutricional interviene en la economía hídrica de la planta, regulando la absorción y la pérdida por transpiración. La deficiencia de K es poco visible en las hojas, produce fundamentalmente una reducción del tamaño de los frutos con corteza más fina y lisa, y se lo asocia con el agrietamiento de la corteza.

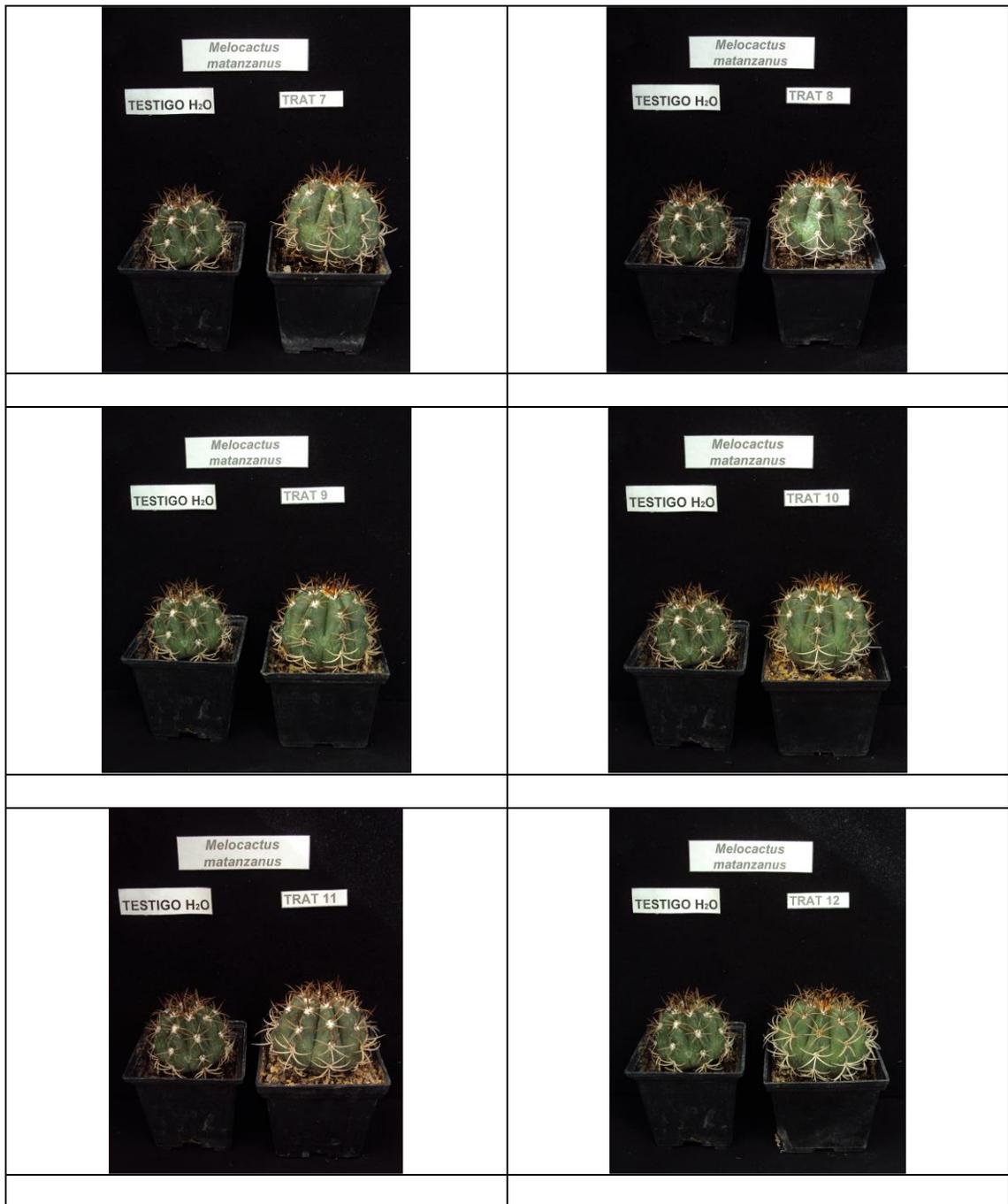
De igual manera Fairhurst (1999), menciona que el potasio es el nutriente con mayor influencia sobre la velocidad de crecimiento, principalmente del área foliar. En tanto, Pillimue *et al.* (1998) afirmaron que la disminución en el área foliar (AF) presentada por la deficiencia de K, puede ser debida al importante papel que este nutriente cumple para equilibrar la absorción de nitrógeno, mantener la turgencia de las hojas y facilitar el transporte de asimilados.

Los tratamientos de balance nutricional, a una concentración de  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  con el balance nutrimental 100-50-50 y 50-50-10 de N,K,P junto con la solución nutritiva  $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  con el balance nutrimental 50-50-100 de N,P,K que registraron mayor concentración de nitrógeno (N) de hasta  $8.75 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de materia seca y potasio (K) de hasta  $15.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de materia seca que los tratamientos anteriores; sin embargo, las plantas de estos tratamientos fueron de menor altura y diámetro (Cuadro 7 y Figura 19).



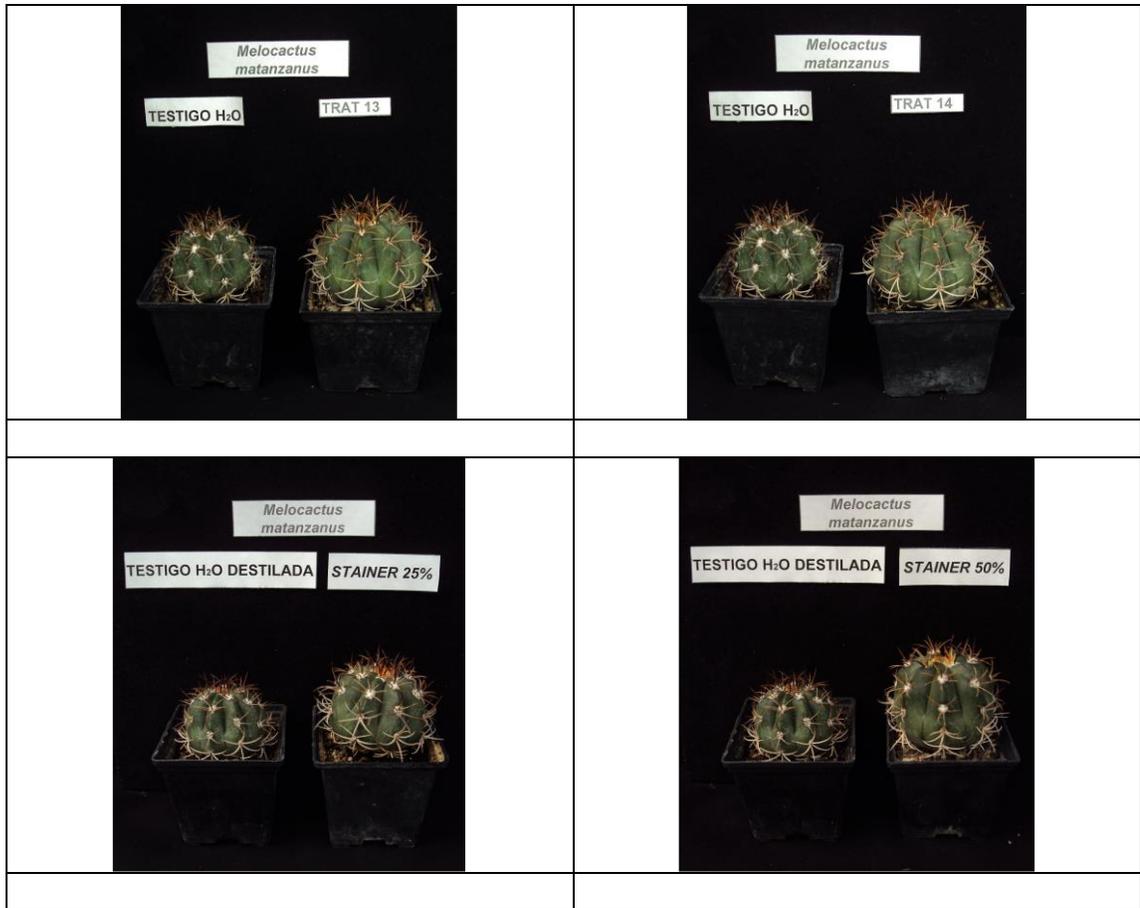
**Figura 19.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga Erizo (*Melocactus matanzanus* León) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

Continuación ...



**Figura 19.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga Erizo (*Melocactus matanzanus* León) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

-



**Figura 19.-** Comparación en altura y diámetro de las plantas de la biznaga erizo (*Melocactus matanzanus* León) sin fertilizar y plantas con los tratamientos de fertirriego en invernadero.

## V. CONCLUSIONES

En plantas del viejito (*Cephalocereus senilis*) la concentración y el balance nutrimental de la solución nutritiva Steiner al 50 % aplicados en el fertirriego promueven a los 153 DDT, plantas con una *At* de hasta 5.76 cm y *Dp* de 4.34 cm.

En plantas de la biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens*) el fertirriego con la solución nutritiva Steiner al 50% y el tratamiento de 800 mg\*L<sup>-1</sup> con el balance nutrimental 100-50-100 de N,P,K promueven a los 153 DDT, el crecimiento en invernadero en la etapa 1 de esta especie, obteniendo plantas de tamaño comercial con una altura mayor a 6.29 cm y *Dp* de 6.45 cm. Con estos tratamientos se obtienen plantas con mayor biomasa en materia fresca y seca del tallo y raíz. Con un aporte de nitrógeno (N) de 5.6 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca, del fósforo (P) de 1.75 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca y potasio (K) de 9.28 g\*kg<sup>-1</sup> de materia seca, siendo este último elemento de mayor concentración en la planta. Adicionalmente la solución Steiner aportó otros macronutrientes importantes para el desarrollo de la planta como el calcio (90 mg\*L<sup>-1</sup>) magnesio (24.5 mg\*L<sup>-1</sup>) y azufre (56 mg\*L<sup>-1</sup>).

En plantas de la biznaga erizo (*Melocactus matanzanus*) el fertirriego con la solución nutritiva Steiner al 25% y 50% promueven a los 153 DDT, el crecimiento en invernadero obteniendo plantas con mayor vigor en el tallo, coloración más intensa y una mayor rigidez en sus espinas, siendo estos los aspectos más importantes buscados por los productores, mostrando calidad comercial. Con estos tratamientos de fertirriego se obtienen plantas con una *At* de 5.12 cm con un *Dp* de 5.71 cm.

El análisis nutrimental realizado a dos de las tres especies evaluadas mostró que en esta etapa la demanda de K en la planta fue superior a la de N, mostrando que el N se pierde más rápidamente que el K principalmente en el sustrato debido a los riegos. Utilizando la fertilización y manejo convencional del productor, la producción comercial de estas especies se realiza en un periodo de tres años. se puede hacer en un menor tiempo.

## ANEXOS

### Análisis del viejito (*Cephalocereus senilis* Haw)

Diámetro Promedio ( $Dp$ )

$r^2$	valor	CV	valor
	mayor		menor

Altura ( $A_t$ )

	$r^2$	CV	MEDIA	
A0	0.49	16.31	3.12	NS
A1	0.48	16.19	3.42	NS
A2	0.48	15.20	3.81	NS
A3	0.49	14.75	4.22	NS
A4	0.53	12.85	4.63	*
A5	0.56	15.95	5.04	**

Diámetro Promedio ( $Dp$ )

	$r^2$	CV	MEDIA	NIVEL SIGNIF
DE0	0.57	18.27	2.43	*
DE1	0.60	15.89	2.68	**
DE2	0.64	15.03	2.99	**
DE3	0.60	14.17	3.28	**
DE4	0.60	12.85	3.56	**
DE5	0.63	12.20	3.78	**

## Análisis de la Biznaga barril azul (*Ferocactus glaucescens* De Candolle)

Altura ( $A_t$ )

	$r^2$	CV	MEDIA	NIVEL SIGNIF
A0	0.63	12.62	3.97	NS
A1	0.62	12.21	4.33	*
A2	0.65	11.49	4.70	*
A3	0.66	10.85	5.11	**
A4	0.68	10.25	5.48	**
A5	0.70	9.71	5.81	**

Diámetro Promedio ( $D_p$ )

	$r^2$	CV	MEDIA	NIVEL SIGNIF
DE0	0.58	13.42	4.15	NS
DE1	0.58	12.59	4.49	NS
DE2	0.61	12.14	4.82	NS
DE3	0.63	11.43	5.17	*
DE4	0.66	10.70	5.52	*
DE5	0.66	10.30	5.75	*

## Análisis de Erizo (*Melocactus matanzanus* León)

### Altura (*A<sub>t</sub>*)

	$r^2$	CV	MEDIA	NIVEL SIGNIF
A0	0.59	10.64	3.12	*
A1	0.61	10.12	3.40	*
A2	0.64	9.28	3.79	**
A3	0.64	8.73	4.15	**
A4	0.67	7.93	4.50	**
A5	0.68	7.70	4.81	**

### Diámetro Promedio (*D<sub>p</sub>*)

	$r^2$	CV	MEDIA	NIVEL SIGNIF
DE0	0.49	7.35	4.45	NS
DE1	0.53	7.38	4.47	NS
DE2	0.57	7.18	4.78	NS
DE3	0.58	6.86	5.01	*
DE4	0.61	6.34	5.22	*
DE5	0.64	5.96	5.42	*

## Literatura citada

- Acevedo, C. M.A. 2009. Enraizamiento in vitro y Aclimatización de *Mammillaria haageana* subsp. san-angelensis y *Obregonia denegrii*. Tesis Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila. México.
- Acevedo, M.M. 2002. Respuesta de Cinco Especies Ornamentales a Diferentes Concentraciones de Fertilizantes y Frecuencias de Aplicación en el Fertirriego. Tesis Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 94 pp.
- Adams, P. 1994. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* (366): 405-416.
- Alanís F., G.J., C. G Velazco M. 2008. Importancia de las Cactáceas como Recurso Natural en el Noroeste de México. *Ciencia UANL*. Volumen XI, Núm. 001. 5-11faltan paginas
- Alarcón V. A. 2006. Proyectos en cultivo sin suelo ¿Cómo empezar? In: *Cultivos sin Suelo*. V. A. Alarcón (ed.). Compendios de Horticultura 17. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus. España. pp:11-21.
- Alarcón V., A. L. 2001. El Boro como un Nutriente Esencial., Copyright Ediciones de Horticultura. S. L. 11 p.
- Anderson, E. F. 2001. *The cactus family*. Portland: Timber Press. 776 p.
- Arias, M. S. 1993. Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de historia natural*. (44): 109-115.
- Arias. S., Gama L., S. Guzmán C., U. Vázquez B., B. 2012. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 95. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 2ª. ed. Estado de México, México. Pp 8-246.
- Arredondo G., A. 2002. Propagación y mantenimiento de cactáceas. Folleto Técnico No. 21. Campo Experimental San Luis. INIFAP/CIRNE. S. L. P, México. Pp 21-26.<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1250/97.pdf?sequence=1> (Consultado en Julio 11, 2019).
- Arredondo A., M. A. 2016. Efecto de la fertilización foliar en el desarrollo de las plantas de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Saltillo. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. 56 p.
- Arreola-Nava, H. 1997. Formas de vida y características morfológicas en: *Suculentas Mexicanas: Cactáceas*. CONABIO-SEMARNAP-UNAM. Pp 27-35.
- ASYCS (Asociación Yucateca de Cactáceas y Suculentas). 2010. Manual básico para el cultivo de cactáceas y suculentas. Mérida, Yucatán, México. Pp5-7. [http://asycs.weebly.com/uploads/4/6/5/1/4651414/manual\\_bsico\\_para\\_el\\_cultivo\\_d\\_e\\_cactceas\\_y\\_suculentas\\_asycs.pdf](http://asycs.weebly.com/uploads/4/6/5/1/4651414/manual_bsico_para_el_cultivo_d_e_cactceas_y_suculentas_asycs.pdf) (Consulta:19 mayo 2019).
- Ballinas, T.S.M. 2014. Interacción de Fertilización Organominerales y Fertilizantes Inorgánicos a Diferentes Concentraciones en la Nutrición de la Nochebuena. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 64 pp.
- Barraza A., F. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios* 17(2):18-29. <https://doi.org/10.21897/rta.v17i2.699> (Consulta: 5 de octubre del 2019).
- Becerra, R. 2000. El Amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *CONABIO. Biodiversitas*. (30): 1-6.

- Benton J., J., H. A. Mills and B. Wolf. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Athens, GA, USA.
- Bowman D., C. and L. Paul J. 1983. Understanding of container media vital knowledge for growing successful plants. Pacific Coast Nurseryman and Garden Supply Dealer. Supply Dealer. 48-50 pp.
- Bravo-Hollis H. 1937. *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 755 pp
- Bravo-Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 2a ed. Vol (1). 743 p.
- Bravo-Hollis. H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. *Las cactáceas de México*, Vol. II. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ed. UNAM. México, D. F. 404 p.
- Bravo H., E. 1994. *Las cactáceas de México*, Vol. (III). Universidad Nacional n Autónoma de México (UNAM). México D.F.
- Bravo Hollis, H., y L. Scheinvar. 1995. *El interesante mundo de las cactáceas*. Conacyt/FCE, México. 233 pp.
- Bravo, H, H. y Scheinvar, L. 1999. *El interesante mundo de las cactáceas*. Fondo de Cultura Económica (FCE). UNAM. México. 233 p
- Bravo, S.J.A. 2014. *Evaluación de Fertilización Orgánica e Inorgánica (Licopersicum esculentum Mill) a Campo Abierto*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 88 pp.
- Britton N.L. y Rose J.N. 1919–1923. *The Cactaceae*. Carnegie Institute Washington, Washington D.C. Vol. 1-4. 318 p.
- Britton, N.L. & J.N. Rose. 1922. *The Cactaceae*. Washington D.C.: The Carnegie Institution. (3): 258 p.
- Bunt A., C. 1988. *Media and mixes for container-grown plants*. Unwin Hyman Ltd., Great Britain. 309 p.
- Cabrera, I. R. 1999. *Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta*. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11.
- Cabrera, R.P.C., 2013. *Evaluación de Cactus (Acanthocereus spp. Cactácea) con Tres Abonos Orgánicos en Huehuetenango*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landívar. Quetzaltenango. 64 pp.
- Cánovas M. F. y C. J. Magán. 2003. *Cultivos sin suelo*. In: *Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos*. F. F. Camacho (ed). Instituto Cajamar. Madrid, España. pp:409-453.
- Cárdenas, F. S. 2011. *La Fertilización Química Complementada con Nutrición Orgánica en el Cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill) bajo Condiciones de Invernadero*. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 55p.
- Cassman, K.G., A. Dobermann, and D.T. Walters. 2002. *Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management*. Ambio. (31): 132-140.
- Castillo C., A. D. López E., Ocampo F., I. 2010. *Conocimiento y uso de cactáceas por familias campesinas en Coxcatlán, Puebla*. Estudiante de Maestría Profesor Investigador. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Vol. 6. Número 3. Pp 8.

- Celada G., B. y Benito C., I. 1983. Plagas y enfermedades de los cactus. Revista de industria distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros. N.º 12. ISSN: 1132-2950. Pp. 16-24
- Cepero C., V. y Stuva C., A. 2010. Aspectos taxonómicos y de conservación de *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werderm. & Backeb.) Ostolaza en el Valle del Río Chillón, Lima: cerro Umarcata y Quebrada Orobel. Universidad Nacional Agraria La Molina Departamento Académico de Biología, Lima - Perú. ISSN 1726-2216
- Choreño, T., J. M. 2001. Micropropagación de la cactácea *Cephalocereus senilis* (Haworth Pfeiffer) mediante la activación de areolas. Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Pp. 1-7.
- CITES. 2019. Sitio web. FAO y el Cuadro Especial de Expertos para la evaluación de la propuesta de modificación de los Apéndices de la CITES. FI Institutional Websites [Consultado 19 junio 2019]. <http://www.fao.org/fishery/>
- CONABIO 2010. Cacto viejito (*Cephalocereus senilis* Pfeiffer 1838). Fichas de especies mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies\\_priori/fichas/pdf/cactoViejito.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies_priori/fichas/pdf/cactoViejito.pdf) (Consulta: 28 junio 2019).
- Davidson, H., C. Peterson and R. Mecklenburg, R. 1994. Nursery Management: Administration and Culture. 2nd. Ed. Prentice Hall Career & Technology, New Jersey, USA. 486 p.
- Elízondo, J. L. 1986. El género *Melocactus* Link et Otto en México y Centroamérica. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 31: (27-32): 51- 57.
- Fairhurst, T. 1999. Nutrient use efficiency in oil palm: measurement and management. *The Planter* (75): 173-177.
- Farré A., C. 2001. el gran libro de los cactus y otras plantas crasas. Cactus. Editorial De Vecchi, S.A.U. España. Pp 188
- Flores P., S. 2009. Soluciones Nutritivas en la Producción de Injertos en Cactáceas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. 188 p.
- Flores P., S. 2009. Soluciones nutritivas en la producción de injertos en cactáceas. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco Edo. de México. México. Pp. 40-180.
- Gallegos, V.C., 1998. Absorción y Asimilación de Nitrato y Amonio en *Opuntia ficus indica* (L.) MILL en Condiciones de Hidroponía. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L., México. 23 pp.
- Gámez M. O., E. Villavicencio G., M. A. Serrato C., J. M. Mejía M., M. G. Treviño C., H. L. Martínez G., M. Rodríguez O., L. Granada C., M. Flores C., J. Reyes S., M. Á. Islas L., E. Salomé C., R. A. Menchaca G., C. M. Espadas M., L. Hernández S., L. M. Vázquez G., M. T. B. Colinas L., F. Martínez M., O. Vargas P. y E. Ríos S. 2016. Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo. México. 152 p.
- Gibson, A.C. and Nobel, P.S. 1986. *The Cactus Primer*. Harvard University Press, Cambridge. 286 p.

- Godínez, H. y P. Ortega. 2007. Mexican cactus diversity: enviromental correlates and conservation priorities. *J. Soc Bot. Méx.* (08): 81-87.
- Granada C., L. 2014. La importancia del sector ornamental como un potencial de alto contenido de participación social. Primer Simposio Nacional de Plantas Ornamentales Nativas Mexicanas con Potencial Comercial. SNICS-SINAREFI. Tezoyuca, Morelos, México. 10 p.
- Gutiérrez V., M. 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costanicense* 21(1): 127-137.
- Guzmán, U., S. Arias., P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 315 p.
- Harman, L.; Kester's, M. 2002. *Plant Propagation. Principles and Practices*. Edition 7th. Ed. Hudson T. Prentice Hall New Jersey, U.S. 928 p.
- Hernández D., P. G. 2004. Manejo de la fertirrigacion en cactáceas. Centro de investigación en química aplicada. Especialización en química aplicada. Saltillo, Coahuila. Pp. 51.
- Hunt, D. (comp.). 1999. CITES Cactaceae Checklist. Royal BotanicalGardens Kew and International Organization for Succulent PlantStudy. Milborne Port. 315 p.
- Hunt, D.R. (comp. & ed.) 2006. *The new cactus lexicon*. Milborne.373 p
- Islas, L.V.H. 2008. Crecimiento de Plantulas de Biznaga (*Equinocactus grusionii Hilmann*) con Diferentes Sustratos y Soluciones Nutritivas. Tesis en Ingeniero en Manejo de Recursos Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo. 60 pp.
- Jiménez, S., C. L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria*. Vol. (12): 12-23.
- Jiménez-Sierra, C. L. y R. Torres-Orozco. 2003. Estado actual de las poblaciones de la biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en el SE de Puebla. 28-34 p.
- Jiménez-Sierra, C. y J. Reyes S. 2003. Las Cactáceas de la Barranca de Metztlán. En M.A. Armella, M.L. Yáñez y E. Sandoval (Eds.): Metztlán: Lugar de la Luna y de las Maravillas. Universidad Autónoma Metropolitana. Cd. De México. 53-77pp.
- Langton, F. A., L.R. Benjamin, and R.N. Edmondson. 1999. The effects of crop density on plant growth and variability in cut flower chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* (74): 493-501.
- Lara S., R. 1990. Dinámica nutrimental del nopal tunero (*Opuntia amyclaea Tenore*) a la aplicación de NPK en los cladodios. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 68 p.
- Lara, H. A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de Tomate en hidroponía. *Terra*. Vol. 17 No. 3 Pp 221-229.
- León, Hno. y Hno. Alain, 1953. Flora de Cuba. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Coll. La Salle, La Habana. (III): 502 pp.
- León, P.A. 2009. Efecto de Fertilización sobre la Incidencia de Cenicilla Polvorienta (*Sphaerotheca pannosa*) en Diferentes Estadios del Tallo Floral del Cultivo de Rosa var. Royalty. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 107 pp.

- López R., G. 2006. Pitaya (*Stenocactus griseus* H.) y nopal (*Opuntia* sp.) como portainjertos de cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
- Martínez M., F. 2015. Importación de Material Vegetativo para Cultivos Ornamentales en México. Consejo Mexicano de la Flor. SNICS-SINAREFI. Texcoco, Estado de México. (Inédito).
- Martínez, S.M. 2008. Potencial productivo y zonificación forestal para el reordenamiento silvícola en bosques templados. Folleto Técnico Núm. 37. INIFAP, C.E. La Campana. Chihuahua, Chih., Méx. 52 p.
- Mengel, K., E.A. Kirkby, H. Kosegarten y T. Appel. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 849 pp.
- Monroy A. y Vázquez, B. 2014 Jardín xerófito para divulgación científica. TIP, México, 17(2):155-159.
- Moorby, J. y C. J. Graves. 1980. The effects of root and air temperature on the growth of tomatoes. Acta Hort. (98): 29-43.
- Nassar, J. M., Nelson Ramírez, Lampo, M., José, A. G., Casado, R., & Nava, F. 2007. Reproductive biology and mating system estimates of two andean melocacti, *Melocactus schatzlii* and *M. andinus* (cactaceae). Annals of Botany 99(1):29-38.
- Nassar, J.M. y N. Ramírez. 2004. Reproductive biology of the melon cactus, *Melocactus curvispinus* (Cactaceae). Plant Systematics and Evolution (248): 31-44.
- Neitzke, R. S., Jaksch, T., Kohlrausch, F., & Röber, R. 2013. Response of various cultivars of ornamental peppers to different fertilization regimes. Acta Horticulturae (1000):313-318.
- Nélio, C. 2006. Soluciones nutritivas: formulación e aplicaciones. En Nutrición mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre Fernández. Voçosa, M. G.: Sociedad de Brasileira de Ciencia do Solo.Pp. 432.
- Nelson P., V. 1991. Greenhouse Operation and Management. 4th Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA. 611 p.
- Nobel, S., P. 1998. Los incomparables agaves y cactus. 1 ed. Trillas, México. 95-114 pp.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambrid Press, Cambridge, USA. U.K. 270 pp.
- Novoa M., A., D. Miranda, M. Melgarejo L. 2018. Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea americana*, cv. Hass). Revista colombiana de ciencias hortícolas.Vol. 12.No. 2. Pp. 293-307.
- Nyffeler, R. & U. Eggli. 2010. Disintegrating Portulacaceae: A new familial classification of the suborder Portulacineae (Caryophyllales) based on molecular and morphological data. Taxon 59(1):227-240 p.
- Orrico Z., G. 2013. Respuesta de la Pitahaya Amarilla (*Cereus triangularis* L.) a la aplicación complementaria de dos fertilizantes en tres dosis. Puerto Quito, Pichincha. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 88 p.
- Ortiz, L.O., 2011. Evaluación de Materiales Orgánicos como Fuente de Fertilización para la Pitahaya (*Hylocereus* spp.). Tesis de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México 83 pp.
- Ostolaza C. 2014. Todos los cactus del Perú. 1ª. ed. Lima. Perú. 538 pp.

- Oviedo, R.M.R. 2003. Mantenimiento y Propagación de Cactáceas para su Conservación en el Jardín Botánico de IB-UNAM. Tesis Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México. 40 pp.
- Pacheco, M. 1997. Cactáceas, suculentas mexicanas. CONABIO. México. 146 p.
- Piaggese, D. A. 2004. Microelementos en la nutrición vegetal. Lancianolitalia: Meta Sr. Corso Trento pp 28-35.
- Pillimue, G., N. Barrera y S. de Cantillo. 1998. Determinación de deficiencias de elementos mayores en plantas de tomate de árbol. Acta Agron. 48(3/4):62-67.
- Raviv M. and H. Lieth. 2008. Significance of soilless culture in agriculture. In: Soilless Culture Theory and Practice. M. Raviv and H. Lieth (eds.). Ed. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. 1-11 pp.
- Reyes S., J. 2007. Manual Práctico Conservación y Restauración de Cactáceas y Otras Plantas Suculentas Mexicanas, Comisión Nacional Forestal., Zapopan, Jalisco, México. 110 p
- Reyes, J y Arias, S. 1995. Cactáceas de México: Conservación y Producción. Revista Chapingo. Horticultura (3): 85-92
- Reyes, S. J., A. Gutiérrez de la R. y B. J. Sevilla. 2001. Producción de Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Cuadernos de comunicación sindical. Núm. 63: 23 pp.
- Reyes, S. J. 2013. Manual práctico. Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas. Jardín botánico del instituto de biología de la UNAM. Comisión Nacional Forestal. 53-56 pp. [http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Manual\\_PracticoConservacionyrestauracion-cactaceas\\_suculentas.pdf](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Manual_PracticoConservacionyrestauracion-cactaceas_suculentas.pdf) (Consulta:19 mayo 2019).
- Riha J, Subik R. 2008. Enciclopedia de cactus. Cactus y otras plantas suculentas. Ediciones susaeta. 16-19 pp. <https://es.scribd.com/doc/99329527/Pequena-Enciclopedia-de-Cactus> (Consulta:19 mayo 2019).
- Robledo L., Santana P., Cruz R., Soto E., Sosa R. T., Verdura M. T., Bécquer E., García E. E., Hernández J. A., Lazcano J., Matos J., Méndez I. E., Peña E., Saralegui H., Urquiola A. J. 2001. *Melocactus matanzanus*. En: Memorias del Segundo Taller para la Conservación, Análisis y Manejo Planificado de Plantas Silvestres Cubanas. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group. Apple Valley. MN. (12-14): 55.
- Rodríguez, D. L. J. I. de León. 2010. Evaluación de soluciones nutritivas en la aclimatización de vitroplantas de *Mammillaria carmenae* y *Mammillaria plumosa* Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo. México 70 p.
- Rodríguez, L. J. I. 2010. Evaluación de soluciones nutritivas en la aclimatización de vitroplantas de *Mammillaria carmenae* y *mammillaria plumosa*. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 20-21 pp.
- Rodríguez, M.R., 2015. Producción de *Alstromeria auratica* en el Municipio de Tamazula de Gordiano, Jalisco. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. 45 pp.
- Rodríguez, S. F. 1996. Fertilizantes, nutrición vegetal. México, falta
- Rojas S., O. R. 2017. El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. Posgrado en Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. ISSN 0065-1737.

- Rosas, S.A. 2008. Influencia de Fertilización Orgánica e Inorgánica en la Producción de Rosas y Salinidad. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 97 pp.
- Rueda-Luna R., J. Reyes-M., M. C. Flores-Yáñez, M Romero-Hernández y J. V. Tamariz-Flores. 2016. Efecto de la relación N/K en el rendimiento y calidad de gerbera para flor de corte. *Interciencia* 41(4): 260-265.
- SAGARPA, 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Hidroponía Rustica. 2-6 pp.
- Salais L., O. 2008. Efecto de la nutrición en *Agave victoriae-reginae* T. moore de 10 meses de edad y bajo condiciones de vivero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de carreras agronómicas. Torreón, Coahuila. Pp 60.
- Salas, C.L.R., 2014. Aplicación de Zeolitas en la Propagación, Aclimatación y Reintroducción de Cactáceas en dos Zonas Ecológicas del Noroeste de México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 112 pp.
- Salas, R., Soto, H., Molino, E. 1991. Síntomas Visuales de Deficiencias Nutricionales en *Dracaena deremensis* "Warneckkii" Mediante la Técnica del Cultivo en Solución Nutritiva. *Agronomía Constante*. 15(1/2):129-134.
- Sánchez, C. F., González M. L., Moreno. E. C., Pineda P. J., Reyes-G. C., E. 2014. Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana*. (37): 261-269. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61031767012>> ISSN 0187-7380. (Consulta:17 Julio 2019).
- Sánchez, H., J. Juscamaita, J. Vargas, y R. Oliveros. 2008. Producción de la microalga *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd en medios enriquecidos con ensilado biológico de pescado. *Ecol. Apl.* 7:149-158.
- Sánchez-Del C, F.; Moreno, P. E. C.; Pineda, P. J.; Osuna, J. M.; Rodríguez, P. J. E. y Osuna, E. T. 2014. Producción hidropónica de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Agrociencia*. 2(48):185-197.
- Sánchez-Mejorada, H. 1978. Manual de campo de la cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztitlán. Sociedad Mexicana de Cactología. Ciudad de México. México. 132 pp.
- Santos D., M. S. 2005. Micropropagación de *Ferocactus glaucescens* Britton & Rose, cactácea mexicana de valor ornamental. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Pp 6-12.
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/IML User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary NC. 856 p.
- Scheinvar L., 2009. Subfamilia Opuntioideae. Diversidad biológica e inventarios Jardín Botánico. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp 1-10.
- Scheinvar. L. 2009. Subfamilia Opuntioideae (Cactaceae). Jardín Botánico, Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. México. 10 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial, 30 diciembre. México 77 p.

- Señoret, F., JP. Acosta. 2013. Cactáceas endémicas de Chile, Guía de Campo. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile, 250 p. 7-14 pp. [http://www.corma.cl/\\_file/material/cactaceas\\_chilenas\\_2013.pdf](http://www.corma.cl/_file/material/cactaceas_chilenas_2013.pdf) (consultado en junio 11, 2019). (Consulta:19 mayo 2019).
- Serrano P., B. 1996. Respuesta de la pitahaya (*Stenocereus griseus* Haworth) a diferentes dosis de fertilización con N, P y K. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 59 p.
- Serrano P., B. 1996. Respuesta de la pitahaya (*Stenocereus griseus* Haworth) a diferentes dosis de fertilización con N, P y K. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 59 p.
- Sharma, M. K. y P. Kumar. 2011. A guide to Identifying and Managing Nutrient Deficiencies in Cereal Crops. (K. Majumdar, T. Satyanarayana, R. Gupta, M. L. Jat, G.D. Sulewsky, D. L. Armstrong Eds.) Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (ipni), Norcross, ga, eua. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, El Batán, México. 50 p.
- SIAP-SAGARPA. 2013. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Consulta: 27 de julio de 2017).
- Sierra, C. L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Revista Digital Universitaria (12): 23 p.
- Sosa, M.E., Cordero, A.A, Sosa, E.S. 2001. Estudio físico y químico de dos sustratos destinados al cultivo de cactáceas. 3<sup>er</sup> Taller Regional de Cactáceas del Noroeste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Nuevo León, México. 92 pp.
- Spurway M., I. and M. Thomas B. 2001. Nutrition of container-grown Christmas cacti. Journal of Plant Nutrition 24(4-5): 767-778.
- Stary, P. 1971. Endemic cactus *Melocactus harlowii* in cuba. Ziva, (1): 17.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil (15):134-154.
- Steiner, A. A. 1968. Soilles culture. In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy. Pp 324-34.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. In: Proceedings 3<sup>rd</sup> International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands. pp. 43-53.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp 633-650.
- Stuva C., A. H. Cepero C., V. 2014. Manual de cactus identificación y origen. 1<sup>a</sup>.ed . Peru.13-29 p.
- Tanaka, T., M. Rikitoku and K. Gomi. 1983. The effects of N, P, and K on growth and chemical composition of cactus (*Echinocactus grussonii* Hildm.). Horticultural Abstracts (53): 855.
- Tapia, V. L. M., Rico, P. H. R., Larios, G. A., Vidales, F. I., Pedraza, S. M. E. 2010. Manejo nutrimental en relación con la calidad de fruto y estado nutricional del melón cantaloupe. Revista Chapingo Serie Horticultura. (16): 49-55
- Taylor N., Santos M. R., Larocca J. & Zappi D. (2015) Cactaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Vol. 66(4): 939-1152 p. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB700> (Consulta: 2 agosto 2019).
- Toogood, A. 2002. Propagating Plant a Darling Kinderley Book. Royal Horticulture Society. Barcelona, España. 192 p.

- Trejo Salazar, R.E., 2007. Dinámica de la polinización de *Agave difformis*, *A. garciae-mendozae* y *A. striata* (Agavaceae) en la Barranca de Metztitlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. Directora: Dra. Martha Graciela Rocha Muniv
- Trejo T., L.I., N.I. Torres F., O. Tejada S., B.I. Trejo T., M. Ramírez-M. y F.C. Gómez M. 2013. Nitrógeno y potasio en la acumulación de biomasa en dos especies de alcatraz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(4): 1063-1068.
- Trevizan R., J. Baltierra C., H. 2018. Evaluación de propagación asexual en dos especies de cactus: *Corryocactus brevistylus* K. Schum. y *Oreocereus leucotrichus* (Philippi) Wagenknecht, endémicos, pertenecientes al sector de precordillera de la XV Región de Arica y Parinacota, Chile. *IDESIA Chile*. Pp. 109-120.
- Trinidad S. A. y D. Aguilar M. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 17(3):247-255.
- Tropicos. 2018. *Cephalocereus senilis* (Haworth), Pfeiffer., *Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton y Rose. y *Melocactus matanzanus* León <http://www.tropicos.org/Name/33700793> (Consulta: 14 julio 2017).
- Vargas C., J. M. 2012. Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en diferentes mezclas de sustratos. Tesis de Maestría. Dpto. de fitotecnia. Posgrado en horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Pp 58.
- Vázquez S., M., T. Terrazas y S. Arias. 2005. Morfología y anatomía del cefalio de *Cephalocereus senilis* (Cactaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 62(2): 153-161.
- Villanueva, C. E., G. Alcántar G., P. Sánchez G, M. Soria F. y A. Larque S. 2010. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán, México. *Terra Latinoamericana* 28(1):43-52.
- Villavicencio, G., E.E., A. Arredondo G., M. A. Carranza P., O. Mares A., S. Comparan S. y A. González C. 2010. Cactáceas ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México. Libro Técnico No. 2 ISBN: 978-607-425-473-0. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Saltillo, Coahuila, México. 345 pp.
- Villavicencio G., E.E., A. Gonzales C. y M. A. Carranza, P. 2012. Micropropagación de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.C.A. Weber ex Britt & Rose, Cactácea Ornamental y Recursos Filogenético del Desierto Chihuahuense. *Rev. Méx. Cien. For.* Vol. 3 Núm. 14. 83-102 pp.
- Villavicenci G., E.E., G. Arellano O. y V.A. Belmontes D. 2019. Micropropagation of the small sacasil organ cactus (*Echinocereus poselgeri* Lem.) (Fam.: Cactaceae). *Acta Horticulture*. XXX Congreso Internacional de Horticultura IHC2018: Simposio Internacional sobre Horticultura Ornamental y XI Simposio Internacional sobre Calidad Poscosecha de Plantas Ornamentales. 17pp.
- Yfran, M., D. Chabbal M., B. Píccoli A., L. Giménez, I. Rodríguez V., A. C. Martínez, G. 2017. Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. Incidencia sobre la nutrición y calidad de frutos en mandarina 'nova'. *Cultivos Tropicales* 2017, 38(4). Pp 22-29. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193254602003> (Consulta: 3 de octubre de 2019)