

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto de la Nutrición en Invernadero de Dos Especies de Cactáceas
Ornamentales Producidas por Semilla y Tres Especies *in vitro*

Por:

ADELA QUINTANA MONROY

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto de la Nutrición en Invernadero de Dos Especies de Cactáceas
Ornamentales Producidas por Semilla y Tres Especies *in vitro*

Por:

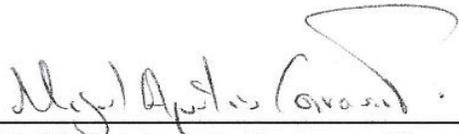
ADELA QUINTANA MONROY

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Biól. Miguel Agustín Carranza Pérez
Asesor Principal Interno



M.C. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez
Asesor Principal Externo



M.C. Sofía Comparán Sánchez
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater

Por haberme dado la oportunidad de formarme como profesionalista, por haberme forjado de conocimientos que día a día se irán reforzando.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Por haberme permitido realizar mis prácticas profesionales y facilitándome las herramientas necesarias para la elaboración de esta investigación.

A mis Maestros

M.C. E. Edith Villavicencio Gutiérrez

Por compartir sus conocimientos los cuales serán de mucha ayuda para mí desarrollarme profesionalmente, por su apoyo y asesoría para llevar a cabo esta investigación ¡Gracias por su paciencia y dedicación!

Biól. Miguel Agustín Carranza Pérez

Con gran respeto y admiración por el apoyo para la realización de este trabajo y por sus conocimientos adquiridos en la carrera profesional.

Biól. Sofía Comparan Sánchez

Por su tiempo y dedicación en la revisión de este trabajo y por los conocimientos adquiridos durante la carrera profesional.

Ing. Rodolfo Martínez Rivera

Por admiración como docente, los consejos y amistad brindada durante la estancia en la universidad.

A todos mis maestros que me apoyaron durante la formación de mi carrera profesional, en testimonio de gratitud ilimitada por su apoyo, aliento y estímulo, mismo que posibilitaron la conquista de esta meta.

DEDICATORIA

A mis Padres

Emilia Monroy Vilchis
Benito Quintana Vilchis

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante, solo deseo que entiendan, que el logro mío, es suyo, que mi esfuerzo es inspirado por ustedes, y que mi único ideal es la familia, con Respeto y Admiración.

A mis Hermanos

Luis Fernando Quintana Monroy
Juan Carlos Quintana Monroy

A ustedes que siempre me acompañaron en mi mente y corazón, son un motivo para ser cada día mejor, me dan la fuerza para no rendirme, gracias por su Amor y Cariño.

A la Familia

Quintana-Monroy

A ustedes que han estado conmigo a lo largo de estos años, riendo y disfrutando de cada momentos que pasamos juntos, esas palabras de motivación, que me fortalecían al partir de casa y que me ayudaron en los momentos difíciles, que hacían que siguiera adelante.

A mis Amigos

EQ, Diana, Araceli, Ángeles, Blanqui, Angy, Mari, Dalí Rene, José, Tom, Tavita, Clari, Efra Saúl, Domingo, Dani, Raúl, Ever, Wilver, Marcos, Luisa, Luis

A todos ustedes que formaron a lo largo de mi preparación, por compartir risas, tristezas, llantos, todos ustedes formaron parte de mi familia, al darme su cariño, en los momentos en los que parecían no tener salida de Corazón Gracias.

Meli Salgado y Mary Arteaga

Que Dios las colme de bendiciones en donde se encuentren, gracias por el apoyo que me brindaron desde el primer día en que llegue a la Universidad.

RESUMEN

Las cactáceas ornamentales mexicanas 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 en los estados de Baja California Sur, Tamaulipas, Oaxaca e Hidalgo. Por la rareza y belleza este tipo de plantas, los cactus se utilizan en la jardinería como planta de maceta de interior y exterior. Con el propósito de generar nuevos sistemas de producción para el sector ornamental, se hizo necesario determinar en invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP en el régimen de fertilización para este cultivar, por lo que en el presente trabajo se evaluó la aplicación de concentraciones y balances nutrimentales para promover el crecimiento y calidad de plantas de la biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dierl.) Britt. & Rose) y biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois) producidas por semilla y del bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem.), biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C.) Weber ex Britt. & Rose y biznaga cono invertido de viereck (*Turbincarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass producidas por cultivo de tejidos vegetales. Mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial se evaluaron como Factor A cuatro concentraciones nutritivas (100, 200, 400 y 800 ppm) de NPK y como Factor B tres niveles de balance de elementos de NPK (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100), considerando como fuente de nitrógeno Urea (46-00-00), fosfato monoamónico (12-61-00) y KNO₃ (12-00-46). Con este arreglo se evaluaron por especie 12 tratamientos más dos fertilizantes usados por el productor que fueron considerados como testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) más un tratamiento sin fertilizar. Todos los tratamientos se aplicaron mensualmente durante cinco meses. Se establecieron 5 repeticiones por tratamiento y las variables de respuesta fueron; altura de la planta (A), diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE) de la planta. Estas variables se analizaron estadísticamente con el análisis de varianza (ANOVA) del Sistema de Análisis Estadístico SAS, (Versión 9.1) y con la prueba de rango múltiple Tukey ($P \leq 0.05$) para determinar los tratamientos significativos.

La fertilización en cactáceas tiene un efecto significativo en la altura y diámetro de las plantas en comparación con el testigo sin fertilizante (T₀). Para la fertilización de las cactáceas ornamentales se requiere de una concentración en ppm de NPK y de un balance nutrimental de NPK dependiendo de la especie.

Plantas producidas por semilla. La biznaga algodoncillo de estropajo (*A. capricorne*) requiere de una concentración de fertilizante de 800 ppm de NPK considerando un balance nutrimental de 100-50-100 de NPK obteniendo plantas con calidad comercial con altura mayor a 6.61 cm, con un DE de 2.93 cm y DP de 2.00 cm registrando una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante del 59 %.

Con biznaga plumosa (*M. plumosa*) la concentración de 100 y 400 ppm de NPK con el balance nutrimental de 100-50-50 de NPK, se obtuvo plantas con una A de 5.05 cm y con un DE mayor a 5.47 cm y un DP de 4.16 cm. Ambos tratamientos triplicaron en altura y duplicaron en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante, siendo plantas que se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de alto) aumentando su ciclo de producción en invernadero.

Plantas producidas in vitro aclimatadas en invernadero. El bonete de obispo (*A. myriostigma*) requiere de una concentración de fertilizante de 800 ppm de NPK con el balance nutrimental de 100-50-50 de NPK, obteniendo plantas con calidad comercial con altura de 6.12 cm y DE de 3.46 cm, registrando una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante del 66 % en altura y del 18 % en DE.

Con la biznaga blanca chilona (*E. micromeris*) se requiere de una concentración de fertilizante de 400 y 800 ppm de NPK aplicando el mismo balance nutrimental de 50-50-100 de NPK obteniendo plantas de tamaño y calidad comercial con una A de 7.94 cm con un DE de 3.00 cm y un DP de 3.60 cm duplicando al testigo. Con la biznaga cono invertido de viereck (*Turb. viereckii* subsp. major) se requiere aplicar el testigo comercial Triple 17 obteniendo plantas con una A de 9.07 cm con un DE de 3.63 cm y un DP de 4.11 cm. Este fertilizante comercial, triplicó en altura

y duplicó en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante, siendo plantas que se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas aumentando su ciclo de producción en invernadero.
Palabra clave: cactáceas ornamentales, nutrición, fertilización

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
OBJETIVO PARTICULAR	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen de la palabra cactus.....	4
Distribución	4
Importancia	5
Morfología de las Cactáceas	6
Tallo	6
Costillas	6
Mamila:	6
Areolas:.....	6
Espinass:.....	7
Glándulas:.....	7
Raíz:.....	7
Vástago:.....	7
Hojas	8
Flor:.....	8
Fruto.....	9
Semilla:	9
Propagación de las Cactáceas.....	9
Clasificación Botánica.....	10
Características Botánicas de las Especies empleadas	11
Descripción de la especie <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose.....	11
Descripción de la especie <i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.	12

Descripción de la especie <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose.....	13
Descripción de la especie <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Webe in Bois	14
Descripción de la especie <i>Turbincarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass	14
Aclimatación.....	15
Respuesta de las Cactáceas a la Fertilización.....	15
Solución Nutritiva	15
Asimilación de Nutrientes en Cactáceas.....	15
Los Nutrientes y sus Funciones	16
Riego.....	19
Sustrato.....	19
Plagas y Enfermedades.....	20
Cochinilla algodonosa	20
Piojo harinoso o cochinilla de raíz	20
Pulgones	20
Escamas.....	20
Araña roja	20
Hormigas	20
Larvas	20
Carencia de crecimiento.....	20
Falta de floración.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Localización del Sitio Experimental	21
Material vegetal.....	21
Sustrato.....	21
Tratamientos.....	22
Dosis y Concentración de la Fertilización.	22
Preparación y aplicación de tratamientos	23
Condiciones de Incubación.....	24
Variables a evaluar.	24
Diseño Experimental.....	26
Análisis estadístico	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26

Efecto entre especies	26
Efecto entre concentraciones	29
Efecto entre balance nutrimental	29
Plantas Producidas por Semilla	34
<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Diert.) Britt. & Rose	34
Efecto entre concentraciones	34
Diámetro Ecuatorial. (DE).....	34
Diámetro Polar (DP).....	34
Altura (A).....	35
Efecto entre balance nutrimental	38
Diámetro Ecuatorial (DE).....	38
Altura (A).....	39
Efecto entre Tratamientos	41
<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois	45
Efecto entre concentraciones	45
Diámetro Ecuatorial (DE).....	45
Diámetro Polar (DP).....	46
Altura (A).....	47
Efecto entre balance nutrimental	50
Diámetro Ecuatorial (DE).....	50
Diámetro Polar (DP).....	50
Altura (A).....	51
Efecto entre Tratamientos	54
Plantas Producidas <i>in vitro</i> Aclimatadas en Invernadero	58
<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.	58
Efecto entre concentraciones	58
Diámetro Ecuatorial (DE).....	58
Altura (A).....	59
Efecto entre balance nutrimental	61
Diámetro Ecuatorial (DE).....	61
Altura (A).....	61
Efecto entre Tratamientos	64
<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose	68

Efecto entre concentraciones	68
Diámetro Ecuatorial (DE).....	68
Diámetro Polar (DP).....	69
Altura (A).....	70
Efecto entre balance nutrimental	72
Diámetro Ecuatorial (DE).....	72
Diámetro Polar (DP).....	72
Altura (A).....	73
Efecto entre Tratamientos	76
<i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass	80
Efecto entre concentraciones	80
Diámetro Ecuatorial (DE).....	80
Diámetro Polar (DP).....	81
Altura (A).....	82
Efecto entre balance nutrimental	84
Diámetro Ecuatorial (DE).....	84
Diámetro Polar (DP).....	84
Altura (A).....	85
Efecto entre Tratamientos	88
DISCUSIÓN	92
CONCLUSIÓN	93
BIBLIOGRAFÍA	94
Anexo 1	98
Anexo 2	99
Anexo 3	100
Anexo 4	101
Anexo 5	102
Anexo 6	103
Anexo 7	104
Anexo 8	105
Anexo 9	106
Anexo 10	107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Importancia y Deficiencia de Nutrientes	17
Cuadro 2. Importancia y Deficiencia de Nutrientes	18
Cuadro 3. Especies de Cactáceas	21
Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de las cinco especies en invernadero.	32
Cuadro 5 Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en la biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	34
Cuadro 6. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en la biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	35
Cuadro 7. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	36
Cuadro 8. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances en la biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	38
Cuadro 9. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	39
Cuadro 10. Incremento del Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	39
Cuadro 11. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga algodóncillo de estropajo <i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.	42
Cuadro 12. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	46
Cuadro 13. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en la biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	47
Cuadro 14. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	48
Cuadro 15. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances nutrimental en la biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	50
Cuadro 16. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	51
Cuadro 17. Incremento del Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	52
Cuadro 18. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga plumosa <i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois en invernadero.	55
Cuadro 19. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en <i>Astrophytum myriostigma</i> Lem. en la aclimatación en invernadero.	59
Cuadro 20. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de la biznaga bonete de obispo <i>Astrophytum myriostigma</i> Lem. en la aclimatación en invernadero.	59

Cuadro 21. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances en la biznaga bonete de obispo <i>Astrophytum myriostigma</i> Lem. en la aclimatación en invernadero.	61
Cuadro 22. Incremento de Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga bonete de obispo <i>Astrophytum myriostigma</i> Lem. en la aclimatación en invernadero.	62
Cuadro 23. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie bonete de obispo <i>Astrophytum myriostigma</i> Lem. en la aclimatación en invernadero.	65
Cuadro 24. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.	69
Cuadro 25. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.	69
Cuadro 26. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.	70
Cuadro 27. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.	72
Cuadro 28. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.	73
Cuadro 29. Incremento de Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.	74
Cuadro 30. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga blanca chilona <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Werber ex Britt. & Rose. en la aclimatación en invernadero.	77
Cuadro 31. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en la especie biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R.A. Foster) Glas en la aclimatación en invernadero.	81
Cuadro 32. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en la especie biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.	82
Cuadro 33. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.	82
Cuadro 34. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.	84
Cuadro 35. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.	85
Cuadro 36. Incremento de la Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R. A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.	86
Cuadro 37. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga cono invertido de viereck <i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. mayor (Glass & R. A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A.Dietr.) Britt. & Rose)	11
Figura 2. Bonete de obispo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.)	12
Figura 3. Biznaga blanca chilona. (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose).	13
Figura 4. Biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois).	14
Figura 5. Biznaga de cono invertido de viereck (<i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass).	14
Figura 6. Materiales, preparación de soluciones esterilización de sustrato, trasplante y registro de parámetros.	25
Figura 7. Efecto de la concentración y del balance nutrimental en las especies de cactus ornamentales.	27
Figura 8. Cactáceas Ornamentales Consideradas, a). Bonete de obispo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem), b). Biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois), c). Biznaga cono invertido de viereck (<i>Turbinicarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass), d). Biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A.Dietr.) Britt. & Rose) y e). Biznaga blanca chilona (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm) F.A.C. Weber Britt. & Rose).	28
Figura 9. Efecto entre concentraciones de NPK en el crecimiento de cinco especies de cactáceas en invernadero.	30
Figura 10. Efecto del balance nutrimental en el crecimiento de cinco especies de cactáceas en invernadero.	31
Figura 11. Efecto de la interacción entre la concentración y el balance nutrimental en el crecimiento de cinco especies de cactáceas en invernadero.	33
Figura 12. Efecto de la concentración de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.	37
Figura 13. Efecto del balance nutrimental en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.	40
Figura 14. Efecto de los tratamientos en diámetro de las plantas de biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.	43
Figura 15. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.	44
Figura 16. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.	45
Figura 17. Efecto de la concentración en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.	49
Figura 18. Efecto del balance nutrimental en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.	53
Figura 19. Efecto de los tratamientos de las plantas de la biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.	56
Figura 20. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> (Engelm.) F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.	57

Figura 21. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga plumosa (<i>Mammillaria plumosa</i> (Engelm.) F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.	58
Figura 22. Efecto de la concentración de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE) y Altura (A) de la biznaga bonete de obispo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.) durante la aclimatación en invernadero.	60
Figura 23. Efecto del balance nutrimental en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga algodoncillo de estropajo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.) durante la aclimatación en invernadero.	63
Figura 24. Efecto de los tratamientos en Diámetro Ecuatorial (DE) y Altura (A) de las plantas de la biznaga bonete de obispo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.) durante la aclimatación en invernadero.	66
Figura 25. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga bonete de obispo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem) durante la aclimatación en invernadero.	67
Figura 26. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga bonete de obispo (<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem) durante la aclimatación en invernadero.	68
Figura 27. Efecto de la concentración de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga blanca chilona (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.	71
Figura 28. Efecto del balance nutrimental de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga blanca chilona (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.	75
Figura 29. Efecto de los tratamientos en las plantas de la biznaga blanca chilona (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.	78
Figura 30. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga blanca chilona (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.	79
Figura 31. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga blanca chilona (<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.	80
Figura 32. Efecto del balance nutrimental en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga cono invertido de viereck (<i>Turbincarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glas) durante la aclimatación en invernadero.	87
Figura 33. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga cono invertido de viereck (<i>Turbincarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.	90
Figura 34. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga cono invertido de viereck (<i>Turbincarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.	91
Figura 35. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga cono invertido de viereck (<i>Turbincarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.	92

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 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 de Sonora (península de Baja California y la planicie costera de Sonora), 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^{avo.} lugar como exportador, alcanzando solo el uno por ciento del total de las exportaciones mundiales, con un rendimiento de un millón de dólares; sin embargo, 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 mercado.

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 y flores muy vistosas. Estas plantas están expuestas en su medio natural a ambientes áridos y semiáridos y sufren dificultades en su reproducción y crecimiento, siendo víctimas del saqueo, la urbanización, el cambio de uso de suelo y el comercio ilegal, lo que ha disminuido sus poblaciones drásticamente poniendo al borde de desaparición a los géneros y especies monofiléticos principalmente.

Estas especies nativas por su rareza y belleza se utilizan en la jardinería como planta de maceta de interior y exterior. En las dos últimas décadas la horticultura ornamental ha presentado muchos cambios; se ha incrementado el número de productores y especies ornamentales (flores y 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.

Las cactáceas que son consideradas como plantas ornamentales han fascinado a todo el mundo, lo que las ha llevado a la perturbación de su hábitat, por lo cual es importante, el empleo de nuevas técnicas de desarrollo como alternativa para solucionar dicho problema implementado sistemas tecnológicos de producción y propagación, por lo que en el presente trabajo se evaluó en invernadero la aplicación de soluciones nutrimentales, para promover un desarrollo óptimo y eficiente de este tipo plantas tratando de generar productos con calidad en menor tiempo del que se los productores invierten, generando productos con características óptimas para su comercialización.

Considerando que en la producción de cactáceas ornamentales existe poca disponibilidad de especies de interés en el mercado y que existe un desconocimiento sobre las formulaciones nutrimentales para cada cultivar en invernadero, la Red Cactáceas a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) dependiente del SNICS-SAGARPA y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrollan sistemas intensivos de producción, para producir plantas de maceta de especies o variedades de interés comercial, tomando en consideración que las plantas necesitan para el desarrollo de su ciclo vital de regímenes de fertilización que satisfagan sus requerimientos nutrimentales, por lo que el presente trabajo contribuye a este esfuerzo al evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de soluciones nutritivas en el crecimiento de cactus de tipo ornamental.

OBJETIVO

Determinar en invernadero el efecto de la nutrición de dos cactus ornamentales producidos por semilla y de tres especies producidas *in vitro* durante su aclimatación.

OBJETIVO PARTICULAR

Evaluar en invernadero tres balances nutrimentales y cuatro concentraciones de N, P y K con dos fertilizantes comerciales en dos especies de cactus ornamentales producidos por semilla y tres especies producidas *in vitro*

HIPÓTESIS

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

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen de la palabra cactus

La palabra cactus se deriva del griego káktos que se cree se utilizaba para nombrar a una planta espinosa del sur de Europa y norte de África parecida al cardo (Nobel, 1998; Hunt, 2006). Los cactus son plantas de origen americano que evolucionaron de plantas herbáceas, trepadoras, tropicales cercanas a las Pereskia. Las plantas de la familia Cactaceae son dicotiledóneas adaptadas para sobrevivir en climas áridos, debido a que tienen una cutícula rica en ceras que les sirve para prevenir la pérdida de agua y sus hojas han sido reducidas a espinas (Newland *et al.*, 1980; Montañaño *et al.*, 1993; Hernández y Godínez, 1994).

En 1753 Linneo utilizó este término para caracterizar 22 especies de Cactus L. las Cactáceas son plantas relativamente “nuevas” comparadas con otras; no se han hallado fósiles como en otras familias y se presume que su origen estuvo en el Cretácico. Son del Orden de las Cariofilales, a la que pertenecen muchas familias. A mediados del siglo XVIII, se conocieron pocos cactus en Europa (Señoret y Acosta, 2013).

Ortiz (2011), menciona que las cactáceas evolucionaron 80 millones de años, a partir de formas nos suculentas, algunas de estas plantas se originaron en la zona tropical de Sudamérica y en el centro de México.

Distribución

La distribución de la familia de las Cactáceas es bastante amplia, su área natural se extiende en el Norte de la Provincia de Alberta en Canadá y al Sur hasta el estrecho de Magallanes. Su aparición comienza en las Islas del Caribe en el Golfo de México y llega al Oeste hasta las Islas de Pascua, en el Océano Pacífico, frente a las costas de Chile. Las cactáceas crecen desde el nivel del mar hasta más de 4,000 metros en los Andes del Perú. Se encuentran en bosques tropicales, bosques templados fríos, en pastizales verdes perennes, hasta los desiertos de arena con

casi nula vegetación, desde climas tropical húmedo y clima extremadamente seco con temperatura arriba de los 45°C (Bauer y Hernández, 2004).

Las cactáceas, comprenden aproximadamente 2500 a 4000 especies endémicas en el Continente Americano, distribuidas desde Peace River, al Norte de Canadá, a los 59° de latitud Norte, hasta la Patagonia de Argentina, a los 52° latitud Sur. Se pueden localizar desde Dunas Costeras del mar hasta los 5100 m de altitud en Perú (Villavicencio *et al.*, 2010).

Importancia

Arqueólogos han descubierto que especies de *Opuntia*, biznagas y cactáceas columnares fueron algunos de los recursos naturales durante la prehistoria de Mesoamérica. Las cactáceas han tenido una gran importancia al paso del tiempo, en la vida económica, social y religiosa. En el territorio mexicano los tallos de algunas cactáceas se han utilizado para la construcción, los frutos como alimento, también algunas especies se han usado como planta medicinal y algunas otras con fines religiosos en ceremonias o ritos. Algunos grupos étnicos como los Huicholes, Tarahumaras, Coras y Tepehuanes utilizaban el peyote. También hay frutos comestibles como las pitahayas, garambullos y xoconostle. Para las tribus altamente civilizadas como los mexicas, adelantados en las ciencias naturales, especialmente en botánica, no pasaron inadvertidas las cactáceas estas culturas las utilizaban en prácticas religiosas como autosacrificio realizados por sacerdotes o sacrificios humanos en honor a sus dioses. Las semillas de algunas especies son consumidas separado la pulpa con el fin de preparar pastas o salsas, algunas flores se consumen hervidas o en curtidos. Las plantas de esta familia Botánica se han aprovechado con diversos fines; cercos vivos, como fijadoras del suelo para evitar la erosión, forraje y en tiempo de sequía son fuentes de mucílago, gomas y pectinas. (Alanís y Velazco, 2008; Bravo y Sheinvar, 1999; Casas, 2002).

La importancia de la cactáceas radica en su valor ecológico, pues en condiciones naturales sus poblaciones reducen los efectos de la erosión hídrica y eólica, además son albergue y alimento para muchos animales donde predominan estas plantas, de igual forma tienen un impacto económico ya que se utiliza con fines

frutícolas, obtención de aguas y licores, contenedores, postes, medicinales, alimenticios, forrajeros, combustibles, textil, abono verde, colorantes, ceremoniales y ornamentales (Nobel, 1998).

Morfología de las Cactáceas

Bravo-Holis, 1978; Ceroni y Castro, 2013; Moo, 2004; Soñoret y Acosta, 2013; Villavicencio *et al.*, 2010, mencionan que las cactáceas son plantas suculentas, estas se pueden diferenciar por una estructura llamada “areola”, la cual da origen a las espinas y tallos. Estas plantas cuentan con un tallo, costillas, mamilas, areolas, espinas, raíz, flor, fruto, y semillas.

Tallo: consistencia suculenta, cubierta con una gruesa cutícula, puede estar constituido por tallos aplanados (Cladodios), tallo cilíndrico (columnar) con o sin modificaciones, tallo casi esférico (globoso).

Costillas: estos son crestas sobresalientes, que surcan las plantas longitudinalmente a espiradas, 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 las especies de género *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.

Mamila: estas son estructuras en las que se contienen las areolas, se adaptan a las condiciones del clima, los cuales suelen encogerse en periodo de sequía, siendo que aumentan su peso cuando existe mayor disponibilidad de agua.

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. En la mayoría de

las especies existe, al centro de las areolas, un meristemo de crecimiento integrado por dos porciones, la abaxial o externa, que forma las espinas y la adaxial, que originan las flores.

Espinas: son hojas modificadas, 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. 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: la basal y en ocasiones algo alargada en forma de pedúnculo corto donde se perciben a veces algunos vasos, y la apical.

Raíz: procede de la radícula del embrión es superficial y ramificada, en algunas es adventicias 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.

Vástago: consta de tallo, hojas, tectrices y yemas, solo estos órganos están desarrollados como en las demás dicotiledóneas en los géneros *Pereskia*, *Pereskiopsis* y *Quiabentia*, en tanto que las demás experimentan grandes modificaciones, en la tribu *Equinocactae* llega a tal extremo en donde los entrenudos se han cortado tanto en los tubérculos se tocan en su base entre sí.

Hojas: existen en los géneros primitivos *Pereskia*, *Pereskiopsis* y *Quiabentia*, en el que el limbo es grueso y carnoso, con forma orbicular o elíptica, en las cuales se pueden distinguir algunas nervaduras pinnadas más o menos palmeadas, el peciolo es corto y a veces falta.

Flor: pueden ser solitarias, sésiles, en general actinomorfas o zigomorfas. Las flores de los cactus 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: esta es la 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. 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: está constituida 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.

Fruto: estos son 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.

Semilla: por lo general son numerosas, tienen forma, tamaño, color, texturas y estructuras características.

Propagación de las Cactáceas

Arredondo (2002); Cortés *et al.* (2008); Olmos *et al.*, 2010; Reyes (2007) y Reyes (2008), hacen mención que, en la propagación de Cactáceas se realizan diferentes técnicas, que van desde la propagación por semilla, brotes o vástagos, esquejes, injerto hasta el cultivo de tejidos vegetales.

Propagación por semillas: este método se considera tradicional o convencional de propagación. Las semillas se pueden obtener de los frutos mediante colecta directa de plantas en campo, o cosecha en plantas de colecciones, intercambio o compra en casa especializadas.

Propagación por brotes o vástagos: estos son vástagos o hijuelos son brotes que producen algunas especies de Cactáceas. Esta técnica de multiplicación consiste en desprender los brotes que emergen alrededor de la planta madre ya desprendido se dejan cicatrizar en un sitio seco y ventilado, colocar algún fungicida para evitar la proliferación de bacterias y hongos. La ventaja de este método es la rápida obtención de plantas adultas y su desventaja consiste en la carencia de recombinación genética ya que es importante para su conservación.

Propagación por esquejes: es un método asexual más fácil para propagar cactus, el método consiste en cortar los brazos o pedazos de tallo, que deben dejar cicatrizar en un lugar seco y ventilado, se debe de cortar con una navaja

desinfectada con hipoclorito de sodio adicionar un fungicida con enraizador sobre el corte, para facilitar el enraizamiento.

Propagación por injerto: este método consiste un unir dos plantas distintas, esta técnica es para propagar especies amenazadas o en plantas que han sido afectadas por alguna enfermedad, con el fin de acelerar el desarrollo y crecimiento de la planta que ha perdido su sistema radicular y de aquellas que les es difícil vivir directamente en el suelo o para obtener ejemplares.

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*.

Clasificación Botánica

La clasificación es la forma de expresar las características fundamentales de un vegetal., En este caso las cactáceas se clasifican:

Reino: plantae	Es una planta, un vegetal
Subreino: embryophyta	Planta de semilla con embrión
División: anthophyta	Planta con flor
Clase: dicotiledónea	Germinación con hojitas embrionarias (cotiledones)
Orden: cactales	Toda la categoría de los cactus
Familia: cactaceae	Denominación precisa de la familia
Género:	Nombre del genero
Especie:	Nombre de la especie
Variedad:	Nombre de la variedad o subespecie

La clasificación puede extenderse mucho más y dividirse en subdivisión, subfamilia, tribu, línea, subgénero (Bauer y Hernández, 2004 y Villavicencio *et al.*, 2010).

Características Botánicas de las Especies empleadas

Descripción de la especie *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose



Figura 1. Biznaga algodoncillo de estropajo
(*Astrophytum capricorne*
(A. Dietr.) Britt. & Rose)

Nombre común: biznaga algodoncillo de estropajo

Es una planta simple de globosa a cilíndrica, presenta un tallo globular, con el tiempo se va alargando llegando a alcanzar de 20 a 40 cm de altura y de 15 cm de diámetro. Es de crecimiento lento, epidermis del tallo de color verde cubierto con pequeñas escamas blancas, esto hace que algunas partes de la planta adquieran un matiz grisáceo. Costillas muy prominentes de 7 a 8, altas y agudas, con la superficie provista de estigmas blancos, más o menos

numerosos.

Las areolas grandes, distantes entre sí de 2 a 3, con fieltro castaño. Espinas curvadas, muy delgadas y por tanto rara vez punzantes, alrededor de 6 hasta 20, algunas gruesas, más o menos aplanadas, suaves, torcidas o recurvadas, de color rojizo, negruzco o ceniciento, alargadas de 3 a 10 cm de longitud que se disponen de modo irregular. Flores nacen en el extremo apical de la planta de 6 a 7 cm de longitud, que abren ampliamente; segmentos exteriores de perianto rojizos, con el ápice mucronado; segmentos interiores de perianto de color amarillo con la base anaranjada rojiza, espatulados, con el ápice agudo o acuminado, con el margen entero más o menos dentado, durante duran en la planta entre 3 y 4 días, las plantas florecen de primavera-verano repitiéndose varias veces a lo largo del verano. Tépalos externos rojizos, mucronados: tépalos amarillo limón tintados de naranja rojizo en su base. Estambre, estilo y estigma amarillo. Fruto pequeño rojizo, con escamas pungentes y axilas lanosas. Semillas brillantes, de 2.5 mm de espesor (Bravo-Holis, 1978 y Villavicencio *et al.*, 2010).

Descripción de la especie *Astrophytum myriostigma* Lem.

Nombre común: bonete de obispo



Figura 2. Bonete de obispo
(*Astrophytum myriostigma* Lem.)

Plantas solitarias o cespitosas, subglobosas a cilíndricas de 10 a 60 cm de altura y de 10 a 20 cm de diámetro. Tallo simple con epidermis gruesa y dura debido a dos estratos de células esclerenquimatosas. Epidermis verde presentando tricomas que lo cubren como una lana dando un aspecto grisáceo a blanco que proporciona a la planta un aspecto cenizo.

Costillas usualmente de 5 a 8, son prominentes y agudas en forma de estrella. Cubiertas generalmente de pelos parduscos y carecen de espinas. La superficie cubierta de diminutas borlas de pelos estrellados blancos, que dan a la planta un aspecto cenizo. El borde de las costillas presenta areolas leñosas pequeñas. Areolas próximas, distantes entre sí 8 a 15 mm, circulares pequeñas, de 3 mm de diámetro, lanosa. Espinas ausentes. Flor campanulada, de 4 a 6 cm de longitud, de color amarillo claro con rojo en el centro. Surgen en el ápice de la planta como grandes margaritas de muchos tépalos y su tamaño va de 3 a 8 cm de diámetro. Las flores brotan de areolas jóvenes y son diurnas presentando un brillo sedoso. Aunque florecen durante todo del verano sus flores duran pocos días. Estambres inferiores se encuentra cerca de la base del estilo, siendo el anillo nectario y muy cortó, otros se insertan uniformemente en el resto del tubo floral., Ovario grande y óvulos están insertos en la placenta. Fruto globoso-alargado, verde, castaño-rojizo. Es dehiscente escamoso, en su parte axilar presenta una lana, algo carnosa y conserva adheridos restos de perianto, se abre al madurar en forma de estrella. Semilla brillante naviculares, en la región aquillada se encuentra el embrión, este es ovoide o recto con cotiledones pequeños. El micrópilo es pequeño y se localiza cercano a la región aquillada. Testa lisa y quebradiza casi negra, brillante, papilosa de 3mm de longitud y 2 mm de espesor (Bravo-Holis, 1978 y Villavicencio *et al.*, 2010).

Descripción de la especie *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex
Britt. & Rose

Nombre común: biznaga blanca chilona



Figura 3. Biznaga blanca chilona.
(*Epithelantha micromeris* (Engelm.)
F.A.C. Weber ex Britt. & Rose).

Plantas pequeñas con tallo globoso, subgloboso o cortamente ovoideo, de 4 a 5 y 8 cm de altura y 2.5 a 6 cm de diámetro, cubierto por espinas; ápice hundido y recubierto por un mechero de espinas erguidas. Tubérculos dispuestos entre 21 y 34 series espiradas cónico-cilíndrico, de 1.5 mm de longitud y 3 cm de altura, ocultos por las espinas. Areolas pequeñas, alargadas, dimorfas, la florífera adyacente a la espinífera, situada en el ápice de los tubérculos. Las espinas 13, 18 y hasta 40 dispuestas en 1, 2 o 3 series, según la edad de la planta, generalmente son radiales, de 5 a 8 mm de longitud, en algunas variedades se pueden encontrar algunas interiores que han sido consideradas como centrales, estas son aciculares, barbeladas, glandulosas, blancas o con tintes amarillentos, de color rosa castaño rojizo, pectinadas, horizontalmente radiadas, ascendentes, en las areolas apicales las externas son más largas y erectas, y se agrupan formando un pincel. Las flores brotan de las areolas floríferas de los tubérculos jóvenes cercanos al ápice del tallo, muy pequeñas, de 3 a 5 mm de longitud y de 3 a 6 mm de diámetro emergiendo un poco de lana y las espinas del ápice del tallo; pericárpelo algo claviforme, desprovisto de escamas, segmentos exteriores de perianto 3 a 5, hiperbólicos, de 1 a 2 mm de longitud y 20 mm de anchura, con el ápice redondeado y margen irregularmente dentado de color rosa pálido con una línea media más oscura; segmentos interiores del perianto cerca de 5, de 1 a 2.5 mm de longitud, de color rosa pálido; estambres de 10 a 15, de color amarillo claro; estilo amarillento; lóbulos de estigma 3 a 4, amarillento. Fruto claviforme, generalmente largo y angosto, de 3 a 12 mm de longitud y de 1.5 a 5 mm de diámetro, sin escamas, rojo, sin conservar adheridos los restos del perianto. Sus semillas son angostamente ovoides, de 1.5 a 2 mm de longitud, 1 mm de ancho y 0.8 mm de espesor; hilo largo oblicuo, amplio y hundido; micrópilo en la porción aguda de las semillas; testas finamente reticuladas; periesperma escaso, embrión corto, con cotiledones apenas distinguibles (Bravo-Holis, 1978 y Villavicencio *et al.*, 2012).

Descripción de la especie *Mammillaria plumosa* F.A.C. Webe in Bois

Nombre común: biznaga plumosa



Figura 4. Biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois).

Tallo cespitoso desde la base, globoso, de 6 a 7 cm de altura y diámetro. Tubérculos dispuestos irregularmente entre 8 y 13 series espiradas, cilindros, de 12 mm de altura y de 2 a 3 mm de espesor de la base, de consistencia suave, de color verde claro, axilas con lana larga blanca areolas aciculares, con lana muy corta, espinas radiales alrededor de 40 a, 3 a 7 mm de longitud, plumosa, suaves, tortuosos, blancos, ascendentes.

Espinas centrales ninguna. Flores campanuladas, de 15 mm de longitud y de 14 mm de diámetro; segmentos exteriores del perianto lanceolados hasta claviformes, obtusos, con el margen arriba aserrado y abajo entero, de color verde amarillento pálido, con el borde casi blanco; segmentos interiores del perianto, casi claviformes, obtusos, con el margen entero, de color blanco verdoso y verde pálido hacia la base con la línea media de color café rojizo verdoso; filamentos y estilo de color verde pálido. Anteras amarillo azufre; lóbulos del estigma de 3 a 5, amarillo verdoso. Fruto no descrito. Semillas faveoladas, negras (Bravo-Holis, 1978 y Villavicencio *et al.*, 2010).

Descripción de la especie *Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass

Nombre común: biznaga de cono invertido de viereck



Figura 5. Biznaga de cono invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass).

Presenta un tallo globoso generalmente solitario, aplanado, de color verde, de 3-7 cm de longitud y de 4-6.5 de diámetro ápice con lana blanca. Costillas de 15 a 18 divididas en tubérculos, de 6 mm de largo. Espinas centrales de 3 a 5 blancas en forma de una cruz, de 2,5 cm de longitud; espinas radiales, 13 a 16 blancas, de 0.8-1,3 cm de longitud (Bravo-Holis, 1978 y Villavicencio *et al.*, 2010).

Aclimatación

La aclimatación es una etapa fundamental en un sistema de micropropagación en el cual presentan un comportamiento diferente en condiciones de invernadero y campo; así mismo sufren cambios morfológicos y fisiológicos. En esta etapa se requiere que la planta alcance un crecimiento autotrófico. Para poder lograr la aclimatación es necesario tener buenas condiciones de fertilización, riego e iluminación y también depende del tipo de sustrato (Salas, 2014). El enraizamiento *ex vitro* permite que el enraizamiento y aclimatación se logre simultáneamente. Bajo condiciones *ex vitro* se utilizan sustratos, mezclas de tierra y arena o abonos los cuales deben de estar previamente desinfectados.

Respuesta de las Cactáceas a la Fertilización

En general las cactáceas de ornato, reciben altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados los cuales han podido 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 refiere Rueda-Luna *et al.* (2016).

Solución Nutritiva

Es el conjunto de fertilizantes disueltos en agua de riego originando una solución asimilable en proporciones adecuadas. Una solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de otros nutrimentos esenciales en forma iónica y de algunos compuestos orgánicos (Favela *et al.*, 2006; Espinosa y Espinosa, 2005).

Asimilación de Nutrientes en Cactáceas

Existen nutrientes no minerales en los cuales se tienen carbono (C), hidrogeno (H), oxígeno (O), estos se encuentran principalmente en el agua y en la atmosfera los cuales son ocupados en la fotosíntesis. Los nutrientes minerales se clasifican en tres grupos: Primarios: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K); Secundarios: calcio

(Ca), magnesio (Mg), azufre (S); Micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe).

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.

Los Nutrientes y sus Funciones

Los síntomas de deficiencia de un elemento tienen características específicas. Sin embargo, los niveles de requerimiento y los grados de deficiencia varían con la especie y las condiciones en las cuales la planta se desarrolla, de tal suerte que una especie puede desarrollarse en un medio, y para otra especie puede ser insuficiente desde el punto de vista nutrimental (Lara, 1999) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Importancia y Deficiencia de Nutrientes

Nutriente	Importancia	Deficiencia
Nitrógeno (N)	Es responsable del ciclo de crecimiento requerido, en el tallo se asimila en la fructificación, y en la floración, el nitrógeno le da a las plantas el color verde, es necesario para la síntesis de la clorofila así como algunas enzimas y coenzimas de los ácidos nucleicos.	Ocurre un retraso durante el desarrollo de la floración, brotaciones débiles, se pierde la coloración, pierde la floración y existe un lento crecimiento.
Fosforo (P)	Participa en el metabolismo de los ácidos grasos, es el esencial en las reacciones de formación de adenosin trifosfato (ATP), componentes estructurales de los ácidos nucleicos.	Presenta alteraciones en el metabolismo, como consecuencia se tiene plantas de lento crecimiento lento, los frutos retrasan su maduración.
Potasio (K)	Se encuentra en las células y en el fluido de las plantas, tiene relación con la fotosíntesis y en la asimilación del CO ₂ para regular que los estomas se abran y permitan la entrada del Dióxido de Carbono y salida del Oxígeno, ayuda a la consistencia y madurez de los tejidos, aumenta el peso, da la coloración y sabor de los frutos, hace que las plantas sean maduras y resistentes a las sequias, ayuda a la absorción del agua, controla el pH.	La falta de este elemento ocasiona un deterioro en la planta, fruto, las semillas son pequeñas y deformes, presentan un sistema radicular poco desarrollado. La fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta incrementa.
Sodio (Na)	El sodio puede sustituir al potasio, contribuye a la generación osmótica y turgencia celular cuando el suelo es pobre en este elemento.	Imposibilita a la planta de cumplir normalmente con funciones fisiológicas, afectando posteriormente a las características morfológicas.
Hierro (Fe)	Necesario para el mantenimiento de la clorofila, los ácidos nucleicos contienen grandes cantidades de Fe, funciona como activador de la respiración, fotosíntesis y fijación simbiótica de nitrógeno, es absorbido por la planta como ion ferroso.	Presenta clorosis principalmente en la zona intervenal, aparece principalmente en las hojas jóvenes, presenta también en clorosis en brotes jóvenes, se producen flores deformes.

Cuadro 2. Importancia y Deficiencia de Nutrientes

Nutriente	Importancia	Deficiencia
Zinc (Zn)	Se comporta como un componente y un activador de enzimas, tiene influencia directa sobre el nivel de las auxinas, ácido indolacético, es necesario para la síntesis del zinc al triptófano en la conversión del triptófano en auxinas.	La falta de tamaño en hojas y presentan clorosis intervenal, reducción y malformación de brotes. Afecta al metabolismo entre los nudos más cortos, inhibe la síntesis de ARN, perjudicando el desarrollo de los cloroplastos.
Manganeso (Mn)	Tiene un papel directo en la fotosíntesis, ayudando en la síntesis de la clorofila, respiración, asimilación de nitrógeno, aceleración de la germinación y de madurez, aumenta la disponibilidad de P y Ca.	Se observa como una decoloración verde, presenta clorosis en el tejido verde muerto entre nervaduras de las hojas.
Cloro (Cl)	Es esencial para una parte del proceso de la fotosíntesis en la cual se libera oxígeno.	Las plantas presentan marchitamiento, clorosis foliar, necrosis, disminución de tamaño.
Calcio (Ca)	Participa como componente de la estructura de la membrana celular, así como cofactor de varias enzimas, contribuyen a la rigidez celular y crecimiento de la misma.	Las plantas suelen atrofiar el crecimiento, las raíces son de color marrón, corto y gruesas.
Boro (B)	Facilita el transporte de los azúcares a través de la membrana, tienen un papel único en el metabolismo, influyen en el desarrollo de las células por el cual ejerce formación de los polisacáridos.	Presenta proliferación de células deformadas, degeneración de tejidos meristemáticos y de membranas celulares. Reducción del crecimiento terminal con muerte de la yema. Alteración en la formación de las flores y frutos, germinación del polen.
Cobre (Cu)	Activa varias enzimas como la tirosina, lacasa, axidasa de ácido ascórbico y butiril CO-A de hidrogenasa.	Afecta a los tejidos desarrollados debido a la escasa movilidad de Cu.

Fuente: Acevedo, (2002); Alarcón, (2001); Ballinas, (2014); Bravo, (2014); Cabrera, (2013); Cárdenas (2011); Gallegos (1998); Islas (2008); León (2009); Mortvedt y Gionardo (1983); Ortega (2012); Orrico (2013); Ortiz, (2011); Rodríguez (2015); Rosas, (2008); Salas *et al.*, (1991).

Arredondo (2002), menciona que este tipo de plantas requieren concentraciones bajas de nitrógeno y altas concentraciones de potasio y calcio, recomienda utilizar

1% de nitrógeno total (N), 7% de ácido fosfórico (P₂O₅) y 6% de potasio soluble (K₂O), se puede utilizar una fórmula de 9-45-15 (NPK) harina de hueso o fertilizantes preparados 6-15-12.

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 determinaran 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; Ortiz, 2011; Oviedo, 2003; Salas, 2014).

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, turba (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; Ortiz 2011; Reyes, 2007; Sosa, 2001; Villavicencio *et al.*, 2012).

Plagas y Enfermedades

Arredondo (2002); Ballinas (2014); Bravo y Scheinvar (1999); Oviedo (2003) y Reyes (2007), mencionan que las cactáceas pueden contener plagas entre las cuales se encuentran:

Cochinilla algodonosa (*Aenoidella spp.*) esta se encuentra cubierta por una secreción serosa con aspecto algodonosa y visible al ojo humano, a la planta le ocasiona un desarrollo más lento y es susceptible a ser atacada por hongos y bacterias.

Piojo harinoso o cochinilla de raíz (*Pseudicoccus spp.*) esta plaga ataca principalmente la raíz hasta destruirlas, la raíz presenta una masa algodonosa grises o blancuzcas.

Pulgones se encuentran en las yemas de crecimiento del tallo, la flor y en los brotes donde se alimentan, su cuerpo es pequeño suave de color verde o negro.

Escamas (*Diaspis echinocacti*), es difícil de quitar la plaga, cuando la infestación es menor, con un pincel mojado en alcohol etílico y se le aplican gotas a la escama.

Araña roja (*Tetranychus spp.*) esta plaga es común encontrarla en el género *Coryphantha*, este es un acaro con un tamaño menor de 1 mm, presenta un color rojo. Esta es la causa de muerte de la planta si no se controla.

Hormigas estas tienen que ser controladas para evitar la pérdida de semillas.

Larvas diversas o gusanos se presentan en plantas débiles o enfermas.

Enfermedades Fisiológicas se encuentra falta de crecimiento, clorosis, elongación, falta y caída de flor. Las causas pueden ser temperatura, humedad, luminosidad o falta de espacio o bien sustratos no adecuados:

Carencia de crecimiento. Es causado por exceso de agua, el suelo puede estar compacto o la muerte de la raíz. Planta clorótica (la planta presenta un color amarillento) ésta suele secarse si recibe o se expone a demasiado calor. Color pálido en los brotes nuevos esto es causado por la deficiencia de hierro.

Crecimiento alargado (elongación) puede presentarse por la falta de luz o que las raíces estén dañadas.

Falta de floración o poca floración es por exceso de nitrógeno. Caída de flor temperatura baja, corrientes de aire.

Las enfermedades pueden ser transmitidas a otras plantas tal es el caso de profilaxis en la cual se debe de lavar cuidadosamente, las plantas deben de examinarse antes de plantar. Cuando las raíces de las cactáceas están totalmente infectadas por nematodos, es necesario cortar toda la raíz curar la herida con azufre o polvo insecticida azufroso, desecar y plantar de nuevo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en un invernadero del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en el Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP, ubicado en la carretera Saltillo-Zacatecas Km 342+119, No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista C.P. 25315. Saltillo Coahuila.

Material vegetal. Se trabajaron con cinco especies que fueron producidas por semillas e *in vitro* las cuales se aclimataron en invernadero (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies de Cactáceas.

Especie	Nombre Común
<i>Astrophytum capricorne</i> (A. Dietr.) Britt. & Rose.	Biznaga algodóncillo de estropajo
<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.	Bonete de obispo
<i>Epithelantha micromeris</i> (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose.	Biznaga blanca chilona
<i>Mammillaria plumosa</i> F.A.C. Weber in Bois	Biznaga plumosa
<i>Turbincarpus viereckii</i> subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass.	Biznaga cono invertido de viereck

Sustrato. Se elaboró de acuerdo al protocolo de Villavicencio *et al.*, (2012) el cual está compuesto por una mezcla de arena, peat moss y perlita expandida con una relación 3:2:1. El sustrato fue esterilizado en un autoclave marca Su.-Mi S. A. y colocado en macetas de plástico de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de

alto) donde las plantas fueron trasplantadas. La mezcla de sustrato registró un pH de 7.1 y conductividad eléctrica (C.E) DE 4.2 mS·cm⁻¹.

Tratamientos

Dosis y Concentración de la Fertilización.

N° de tratamientos	Concentración (ppm)	Balance nutricional (NPK)
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

N° de tratamiento	Fertilizante
13	Triple 17
14	Triple 20
T0	

Factor A: concentración (ppm).

Factor B: balance nutricional (NPK).

T0: Testigo regado solo con agua de la llave.

Preparación y aplicación de tratamientos los fertilizantes que se ocuparon fueron:

Urea 46-00-00
 Fosfato monoamónico (FMA) 12-61-00
 Nitrato de potasio (KNO₃) 12-00-46

DOSIS PARA 1 LITRO

Balance nutrimental para la formula

B1 (100-50-50)

Adicionar

8 g FERTILIZANTE X 0. 468 % N= 3.44 g Urea
 8 g FERTILIZANTE X 0. 229 %P = 1.832 g FMA
 8 g FERTILIZANTE X 0. 303 %K = 2.424 g KNO₃
 Total 8. g x 1 Litro de H₂O

DOSIS PARA 1 LITRO

Balance nutrimental para la formula

B2 (100-50-100)

Adicionar

8 g FERTILIZANTE X 0.317 % N= 2.536 g Urea
 8 g FERTILIZANTE X 0.187 %P = 1.496 g FMA
 8 g FERTILIZANTE X 0.496 %K = 3.968 g KNO₃
 Total 8 g x 1 Litro de H₂O

DOSIS PARA 1 LITRO

Balance nutrimental para la formula

B3 (50-50-100)

Adicionar

8 g FERTILIZANTE X 0.093 % N= 0.0744 g Urea
 8 g FERTILIZANTE X 0.248 %P = 1.984 g FMA
 8 g FERTILIZANTE X 0.659 %K = 5.242 g KNO₃
 Total 8 g x 1 Litro de H₂O

DILUCIONES

BI	B2	B3	Extraer 500 mL del sol. Madre y aforar con 500 ml de H ₂ O para obtener una concentración de 400 ppm
800 ppm	800ppm	800ppm	
BI	B2	B3	Extraer 500 mL del sol. Madre y aforar con 500 ml de H ₂ O para obtener una concentración de 200 ppm
400 ppm	400 ppm	400 ppm	
BI	B2	B3	Extraer 500 mL del sol. Madre y aforar con 500 ml de H ₂ O para obtener una concentración de 100 ppm
200 ppm	200 ppm	200 ppm	

De este modo se obtuvieron doce disoluciones con el balance y partes por millón requeridos en los tratamientos. Estas concentraciones se colocaron en botellas de vidrio en las cuales se les anoto la concentración y el número de tratamiento correspondiente.

Los fertilizantes comerciales se prepararon considerando un 1 gr/L de este modo se obtuvieron dos tratamientos comerciales.

De estas catorce formulaciones se agregaron 100 mL de solución de fertilizante a cada maceta (considerando 24 plantas por cada tratamiento) alternando un riego intermedio. Se realizó un calendario de riego y fertilización, los riegos se realizaron una vez por semana y la fertilización se realizó cada dos semanas.

Condiciones de Incubación. Las plantas en maceta se mantuvieron en un invernadero de policarbonato con pared húmeda a una temperatura de 25° a 28°C.

Variables a evaluar. Las variables en las cinco especies de cactáceas fueron: diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP) en milímetros con la ayuda del vernier digital marca Digimatic (Mitutoyo), posteriormente la medición que se transformó a centímetros para su análisis. La variable altura de la planta (A), se tomó con una regla graduada en centímetros, considerando desde la base de la planta hasta la parte apical del tallo sin considerar las espinas. Estas variables se registraron cada 30 días obteniendo 7 mediciones durante 183 días de evaluación (Figura 6).



Peso de fertilizantes



Preparación de la solución madre



Dilución de las soluciones madre



Tratamientos



Esterilización de sustrato



Llenado de macetas con sustrato



Material Vegetal



Trasplante del material vegetal



Establecimiento de tratamientos



Vernier y regla



Medida de Diámetros



Medida Altura

Figura 6. Materiales, preparación de soluciones esterilización de sustrato, trasplante y registro de parámetros.

Diseño Experimental

Durante el periodo de primavera-verano se hizo la evaluación mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial considerando como factor A cuatro concentraciones nutritivas (100, 200, 400 y 800 ppm) de fertilizantes solubles y como factor B se evaluó el balance de elementos, considerando tres niveles de NPK (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100), considerando como fuente de nitrógeno Urea (46-00-00), fosfato monoamónico (12-61-00) y KNO_3 (12-00-46). Con este arreglo experimental se evaluaron 12 tratamientos que se compararon con dos fertilizantes usados por el productor a los que se les considero como testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) más un testigo sin fertilizante, considerando agua potable. En total se evaluaron quince tratamientos por especie, considerando 24 unidades experimentales con tres repeticiones por tratamiento.

Análisis estadístico

Las variables se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento PROC GLM del Sistema de Análisis Estadístico SAS, (Versión 9.1) llevando a cabo un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias, mediante *Tukey* (SAS, 2006), a una probabilidad del 95% por ciento; es decir, al 95 por ciento de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto entre especies. Existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre especies, siendo las plantas de la biznaga de cono invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii*) las que registraron a los 183 días de evolución en todas las variables evaluadas un DE 3.63 cm y DP 3.95 cm con una altura de 5.74 cm. superando al resto de las especies evaluadas. Le siguieron en orden de importancia las plantas de biznaga algodoncillo de mitra o bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem.) un DE (3.14 cm), y A (4.87 cm) y la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa*) con un DE 4.64 cm, un DP de 3.27 cm y A de 4.14 cm. Las plantas de biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne*) y biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris*) fueron las de menor tamaño, registrando un DE inferior a 3.63 cm y un DP de 3.95 cm con una altura promedio de 3.65 cm. La altura de estas especies fue 35% menor que las plantas *Astrophytum myriostigma* Lem. (Figuras 7 y 8).

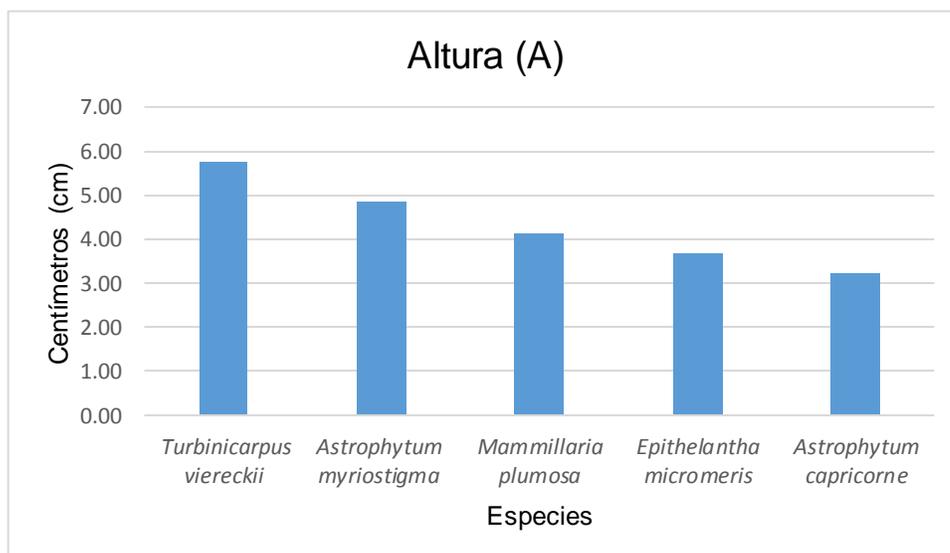
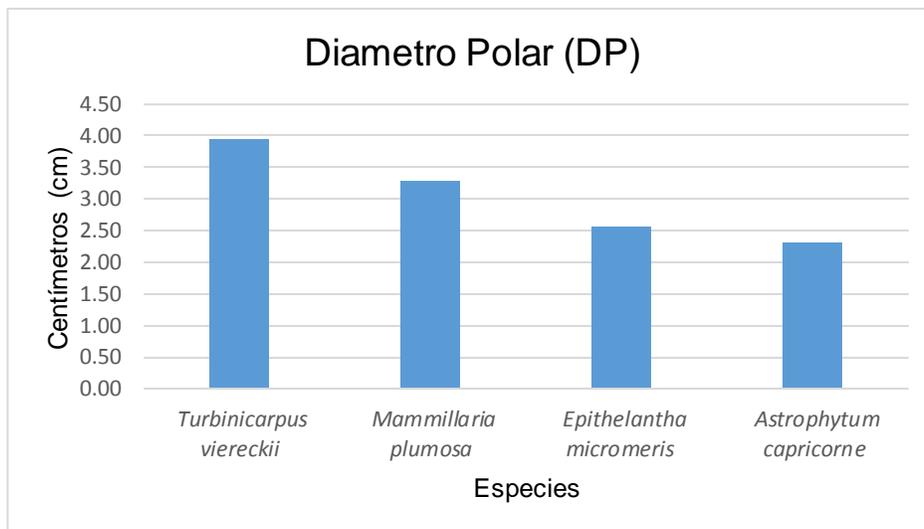
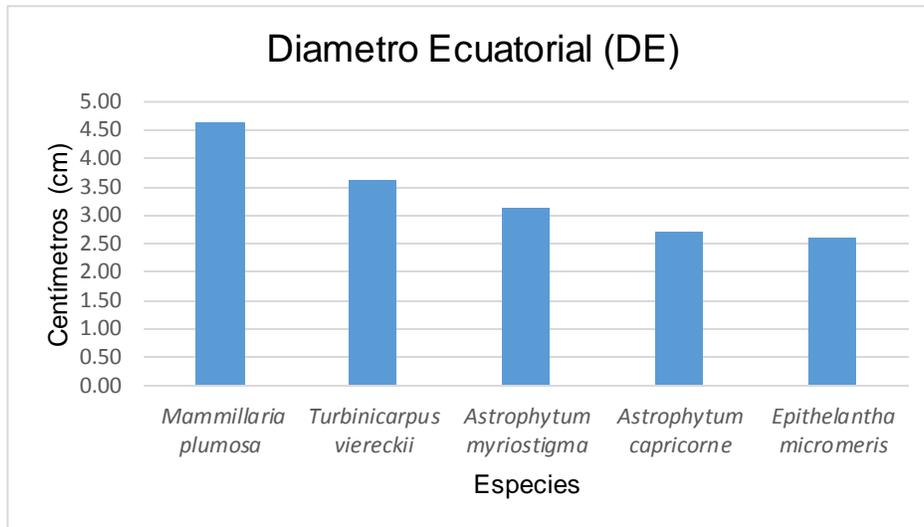


Figura 7. Efecto de la concentración y del balance nutrimental en las especies de cactus ornamentales.



Figura 8. Cactáceas Ornamentales Consideradas, a). Biznaga cono invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass), b). Bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem), c). Biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois), d). Biznaga algodóncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose) y e). Biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm) F.A.C. Weber Britt. & Rose).

Efecto entre concentraciones. Existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre concentraciones, siendo los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 iguales estadísticamente, superando al resto de las concentraciones evaluadas, registrando a los 183 días de evaluación una altura (A) de las plantas de 5.55 cm con un DE 3.36 cm y de DP 3.16 cm. Le siguieron las concentraciones de 100 ppm, 400 ppm y 800 ppm que fueron estadísticamente iguales, registrando una altura (A) no mayor a 4.37 cm con un DE de 3.26 cm y un DP de 3.13 cm. La concentración de 200 ppm registraron plantas con una altura de (A) de 4.27 con un DE de 3.36 y un DP de 3.13 cm (Figura 9).

El testigo (T0) sin fertilizante registró los menores incrementos en todas las variables evaluadas (A= 3.24, DE=2.93 cm, DP= 2.25 cm) existiendo una diferencia del 41.62% con respecto a los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) (Figura 9).

Efecto entre balance nutricional. Existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre el balance nutricional evaluado, siendo el balance de NPK de 100-50-50 el que superó a los 183 días de evaluación al resto de los balances evaluados, solo en DE (3.53 cm) y DP (3.21 cm) con una altura de las plantas (A) de 4.94 cm. Un efecto contrario se presentó en los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) en donde la Altura (5.55 cm) registrada en las plantas fue mayor que la registrada con el balance 100-50-50; sin embargo, su DE (3.36 cm) y DP (3.16 cm) fue menor.

El efecto de los balances nutrimentales de NPK de 100-50-100 y 50-50-100 tuvieron menor respuesta y fueron estadísticamente iguales, registrando en promedio una A de 4.24 cm, un DE de 3.34 cm y un DP de 3.11 cm.

El testigo (T0) sin fertilizante registró los menores incrementos en todas las variables evaluadas (A= 3.24 DE= 2.93 cm, DP= 2.25 cm) existiendo una diferencia del 34 % con respecto al balance nutricional de NPK de 100-50-50 (Figura 10). La aplicación de las concentraciones y balances nutritivos tienen un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las especies evaluadas, mostrando eficiencia en la absorción y balance de nutrientes, acelerando el ciclo de producción y tiempo de desarrollo de las plantas de cactáceas de estas especies en invernadero, reduciendo ampliamente los costos de

producción y tiempo de estadía, por lo que su comercialización se puede realizar en menor tiempo. (Figura 10<)

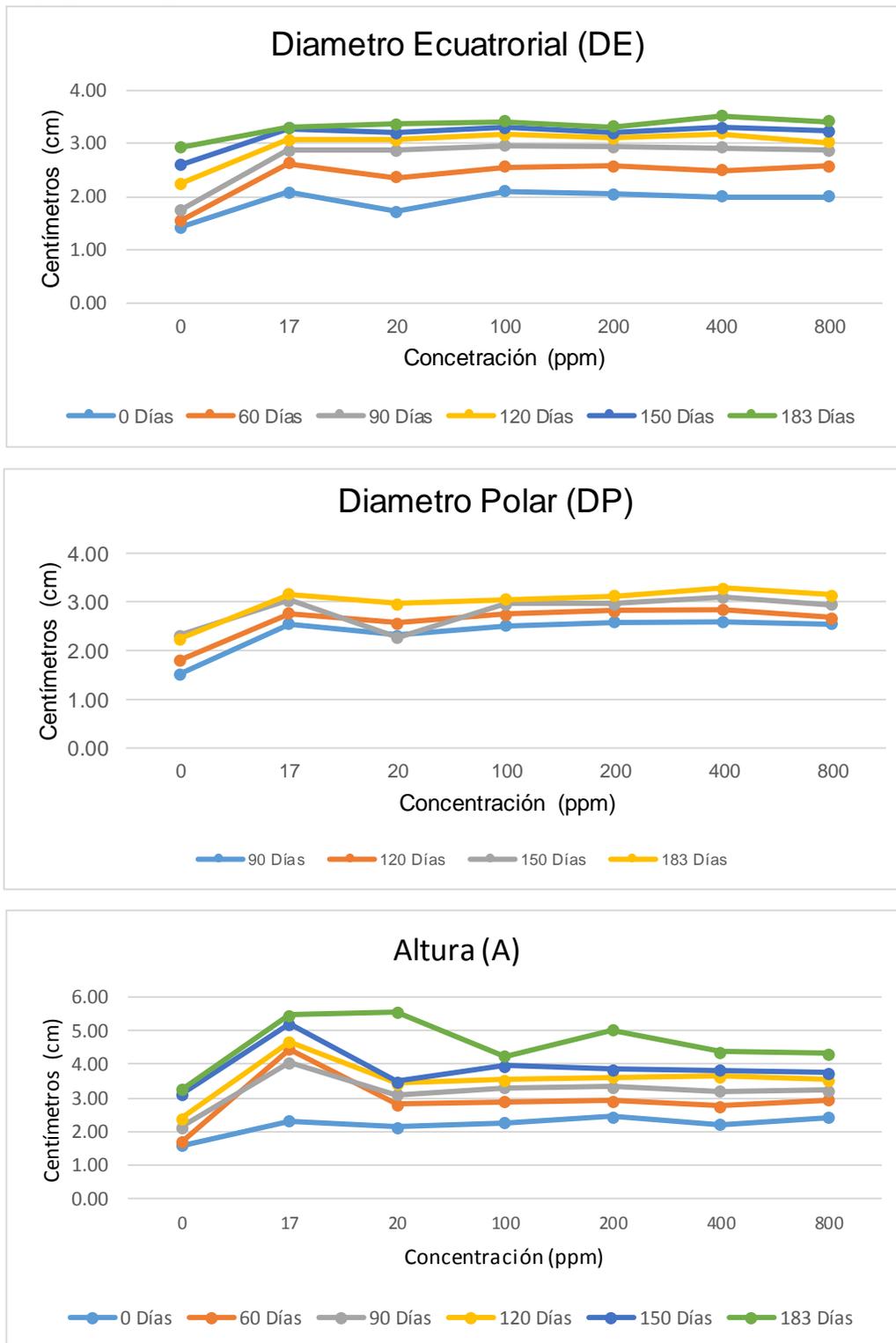


Figura 9. Efecto entre concentraciones de NPK en el crecimiento de cinco especies de cactáceas en invernadero.

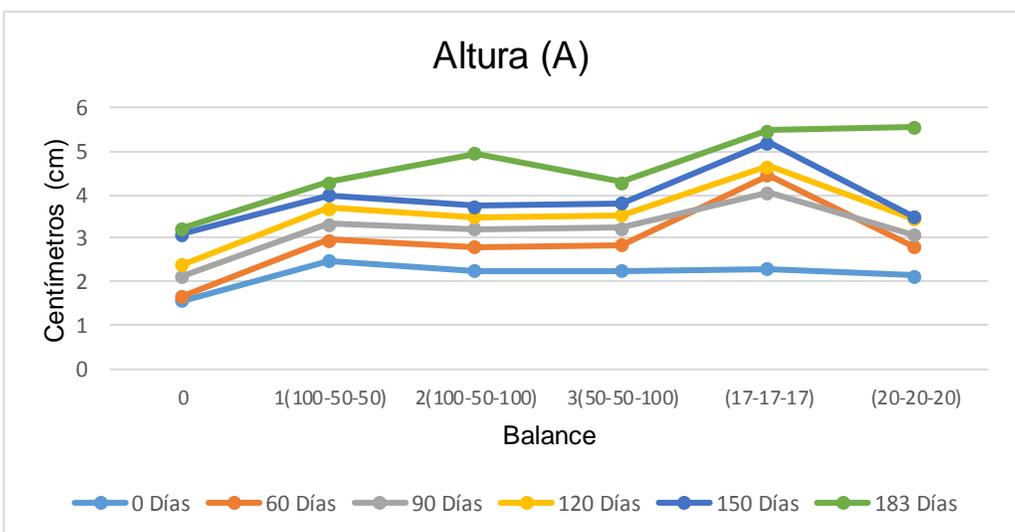
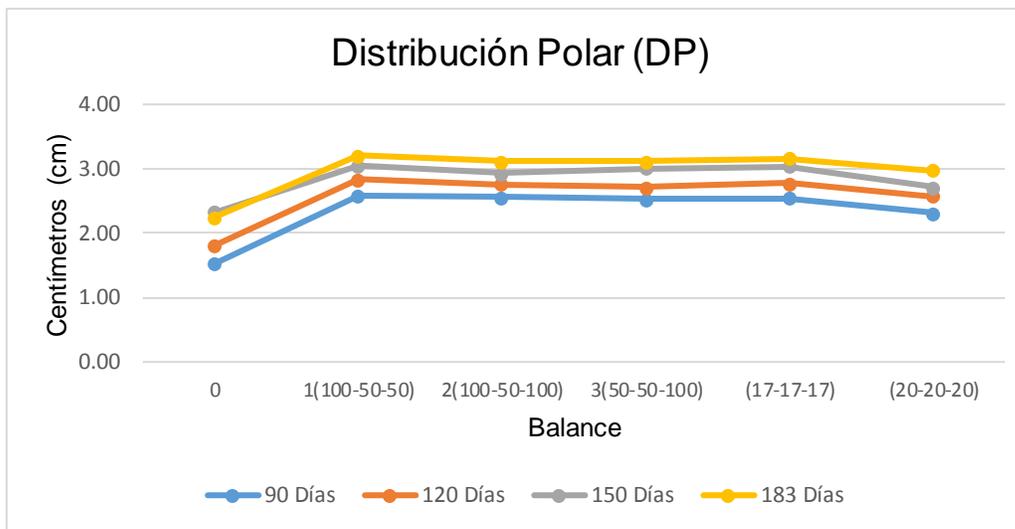
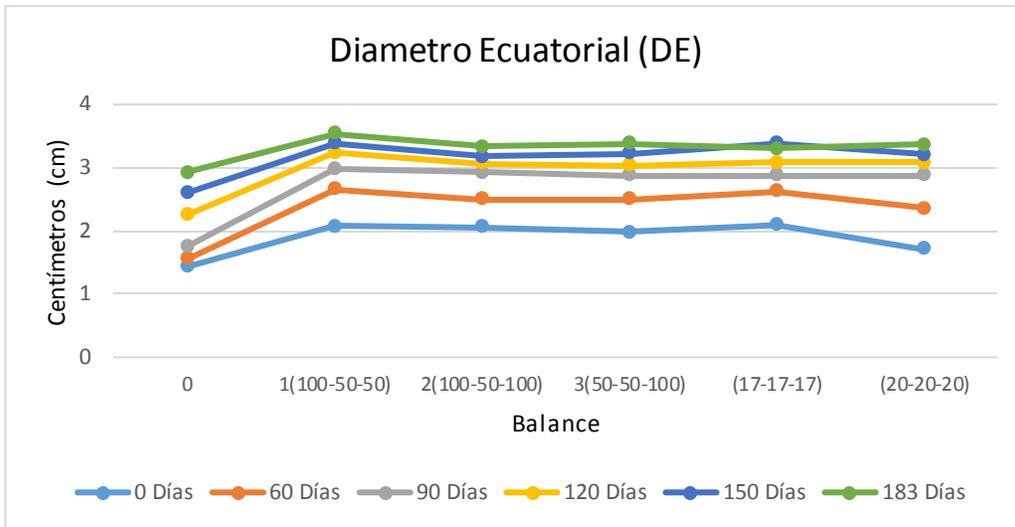


Figura 10. Efecto del balance nutricional en el crecimiento de cinco especies de cactáceas en invernadero.

Para determinar el efecto de la interacción de la concentración y balance nutrimental se realizó un análisis estadístico por especie considerando el efecto de la interacción como tratamientos independientes (Cuadro 4 y Figura 11).

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de las cinco especies en invernadero.

Trat	Concentración	Dosis NPK	DE* (cm)		DP* (cm)		A* (cm)	
0			2.60	b	2.25	c	3.24	c
1	(100 ppm)	100-50-50	3.56	a	3.25	ab	4.65	bc
2	(100 ppm)	100-50-100	3.32	ab	3.04	bc	4.04	bc
3	(100 ppm)	50-50-100	3.04	ab	2.85	c	4.00	bc
4	(200 ppm)	100-50-50	3.26	ab	3.11	bc	4.11	bc
5	(200 ppm)	100-50-100	3.22	ab	3.11	ab	6.74	a
6	(200 ppm)	50-50-100	3.12	ab	3.23	bc	4.19	Bc
7	(400 ppm)	100-50-50	3.52	a	3.40	a	4.32	Bc
8	(400 ppm)	100-50-100	3.02	ab	3.09	a	3.99	C
9	(400 ppm)	50-50-100	3.36	ab	3.37	bc	4.82	Bc
10	(800 ppm)	100-50-50	3.18	ab	3.37	bc	3.87	C
11	(800 ppm)	100-50-100	3.08	ab	3.14	bc	4.94	Bc
12	(800 ppm)	50-50-100	3.42	a	3.20	ab	4.16	Bc
13	Triple 17	17-17-17	3.28	ab	3.16	bc	5.46	Ab
14	Triple 20	20-20-20	3.21	ab	2.97	c	5.56	Ab

Fuente: DE.- Diámetro ecuatorial final; DP.- Diámetro polar final; A.- Altura final.

* Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

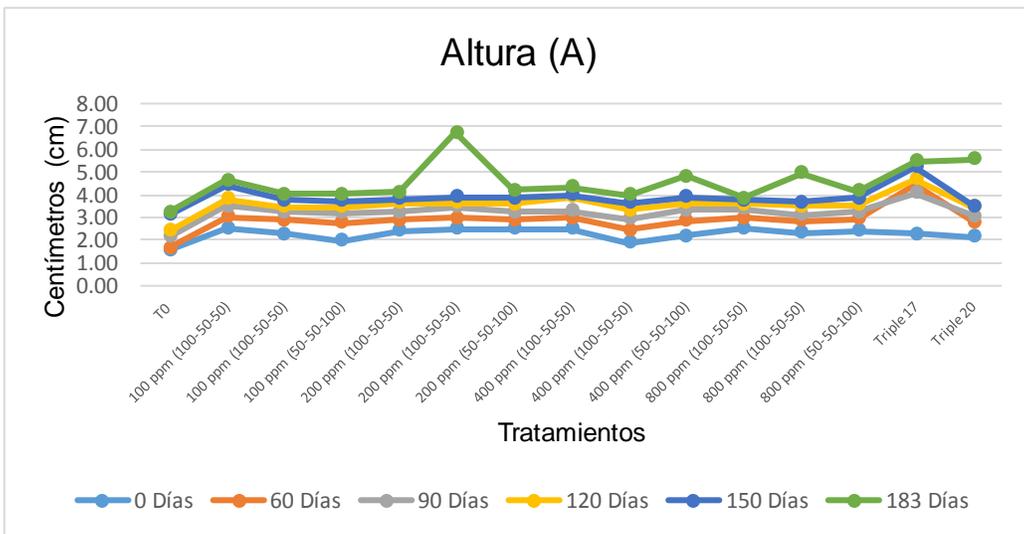
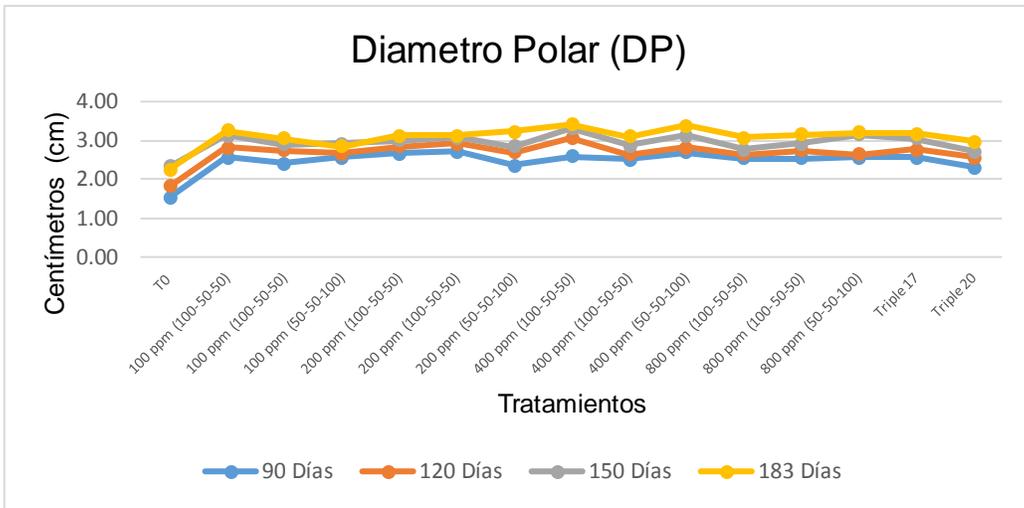
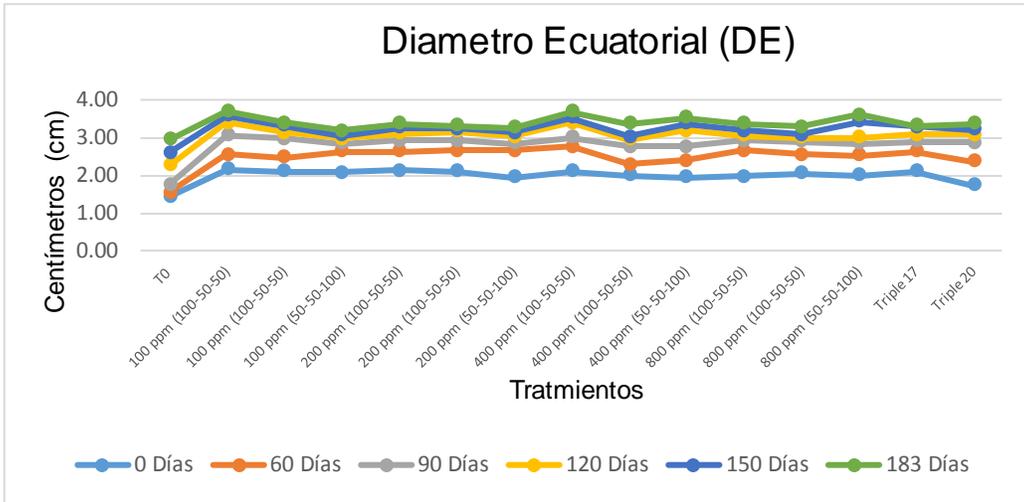


Figura 11. Efecto de la interacción entre la concentración y el balance nutrimental en el crecimiento de cinco especies de cactáceas en invernadero.

Plantas Producidas por Semilla.

Astrophytum capricorne (A. Diert.) Britt. & Rose

Efecto entre concentraciones

Diámetro Ecuatorial. (DE). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo las concentraciones de 100 ppm, 200 ppm y 400 ppm de NPK las que superaron al resto de las concentraciones evaluadas, esta tendencia se mantuvo hasta los 183 días de establecimiento donde solo la concentración de 400 ppm superó al resto de las concentraciones evaluadas, registrando un DE 2.83 cm. Con esta concentración el DE de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo (T0) sin fertilizante de 1.13 cm, aumentando 39% su diámetro.

La concentración de 800 ppm de NPK tuvo un efecto menor que las concentraciones anteriores, registrando un DE de 2.67 cm. Al final de la evaluación en orden de importancia le siguieron las concentraciones de los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) los cuales fueron iguales estadísticamente registrando un DE no mayor a 2.38 cm. (Cuadro 5 y Figura 12).

Cuadro 5. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en la biznaga algodoncillo de estropajo *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.

CON (ppm)	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.59	2.50	0.91
17 (T. Comercial)	1.81	2.38	0.57
800	1.70	2.67	0.97
400	1.63	2.83	1.2
200	1.73	2.79	1.06
100	1.81	2.75	0.94
T0	1.23	1.70	0.47

Diámetro Polar (DP). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo las concentraciones de 100 ppm, 200 ppm y 400 ppm de NPK las que superaron al resto de las concentraciones evaluadas, esta tendencia se mantuvo hasta los 183

días de establecimiento, donde solo la concentración de 200 ppm superó al resto de las concentraciones evaluadas, registrando un DP de 2.51 cm. Con esta concentración el DP de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante de 1.72 cm, aumentando 31% su diámetro.

La concentración de 800 ppm de NPK tuvo un efecto menor que las concentraciones anteriores, registrando un DP de 2.20 cm.

Al final de la evaluación en orden de importancia le siguieron las concentraciones de los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20) los cuales fueron iguales estadísticamente registrando un DP no mayor a 2.17 cm (Cuadro 6 y Figura 12).

Cuadro 6. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en la biznaga algodoncillo de estropajo *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.

CON (ppm)	DP0 (cm)	DP5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.69	2.04	0.35
17 (T. Comercial)	2.17	2.19	0.02
800	1.82	2.20	0.38
400	2.06	2.37	0.31
200	2.12	2.51	0.39
100	2.04	2.26	0.22
T0	1.54	1.72	0.18

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre tratamientos a partir de los 90 días de evaluación, siendo la concentración de 800 ppm de NPK la que superó en altura al resto de las concentraciones evaluadas registrando un A de 4.15 cm existiendo una diferencia de 32% con respecto al testigo sin fertilizante.

La concentración de 400 ppm de NPK y en testigo comercial Triple 17 tuvieron el mismo comportamiento registrando una altura semejante de 3.3 cm.

Las concentraciones de 100 ppm y 200 ppm de NPK no tuvieron un efecto significativo con esta variable (Cuadro 7 y Figura 12).

Cuadro 7. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga algodoncillo de estropajo *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.

CON (ppm)	A0 (cm)	A5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.60	2.81	1.21
17 (T. Comercial)	1.67	3.01	1.34
800	1.60	4.15	2.55
400	1.66	3.03	1.37
200	1.86	2.99	1.13
100	1.53	2.89	1.36
T0	1.38	2.81	1.43

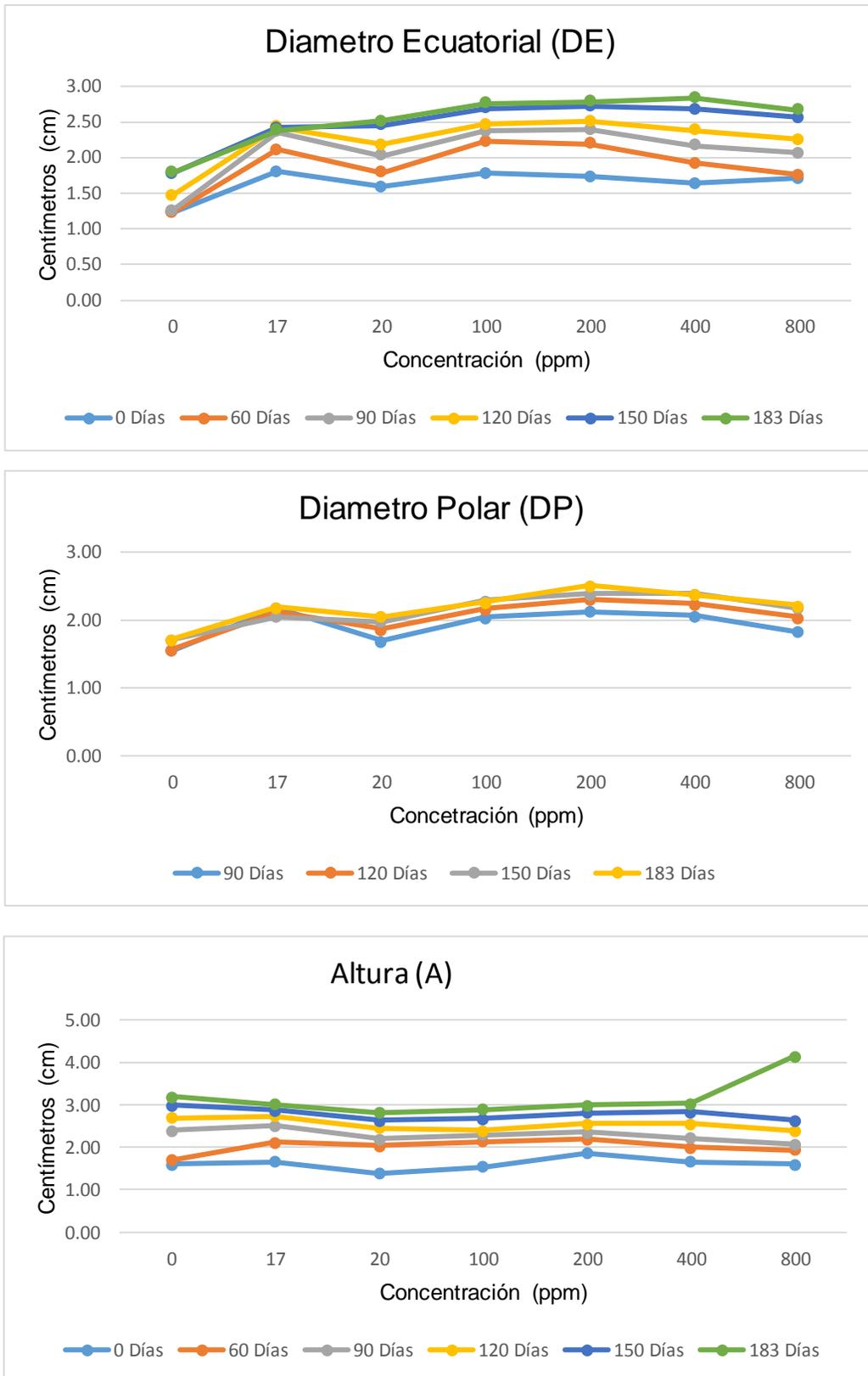


Figura 12. Efecto de la concentración de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.

Efecto entre balance nutrimental

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 90 días de evaluación, siendo el balance nutrimental de 50-50-100 de NPK el que superó al resto de los balances evaluados, hasta los 183 días de establecimiento, registrando un DE de 2.83 cm. Con este tratamiento el DE de las plantas aumento un 36% su diámetro con respecto al testigo sin fertilizante (T0).

Los balances nutrimentales 100-50-50 y 100-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando un DE de 2.70 cm, le siguieron en orden de importancia los testigos comerciales (Triple 17 y Triple 20), registrando al final de la evaluación un DE de 2.38 cm (Cuadro 8 y Figura 13).

Cuadro 8. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances en la biznaga algodóncillo de estropajo *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.

Balance	DE (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.23	1.79	0.56
1(100-50-50)	1.70	2.76	1.06
2(100-50-100)	1.77	2.70	0.93
3(50-50-100)	1.67	2.83	1.16
(17-17-17)	1.81	2.38	0.57
(20-20-20)	1.60	2.51	0.91

Diámetro Polar (DP). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 90 días de evaluación, donde los tres tipos de balance nutrimental 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de NPK superaron a los testigos comerciales (Triple 20 y Triple 17) registrando al final de la evaluación un DP de 2.36 cm aumentando un 27% su diámetro con respecto al testigo sin fertilizante (T0).

De estos tres balances nutrimentales el que generó mayor respuesta fue el balance de 100-50-50 de NPK (Cuadro 9 y Figura 13).

Cuadro 9. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga algodoncillo de estropajo *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE3 (cm)	INC (cm)
T0	1.55	1.72	0.17
1(100-50-50)	2.00	2.32	0.32
2(100-50-100)	1.95	2.36	0.41
3(50-50-100)	2.09	2.34	0.25
(17-17-17)	2.17	2.19	0.02
(20-20-20)	1.69	2.05	0.36

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre balances nutrimentales a partir de los 90 días de evaluación, siendo el balance de 100-50-100 de NPK el que superó al resto de los balances evaluados, hasta el final de la evaluación, registrando un A de 3.94 cm. Con este balance nutrimental se registró un aumento del 28% en altura con respecto al testigo sin fertilizante.

El balance nutrimental 50-50-100 de NPK y el testigo comercial Triple 17 tuvieron un comportamiento semejante, registrando al final de la evaluación un A de 3.01 cm.

Le siguieron en orden de importancia los balances nutrimentales de 100-50-50 de NPK y el testigo comercial Triple 20 quienes tuvieron un comportamiento semejante, registrando al final de la evaluación un A de 2.88 cm (Cuadro 10 y Figura 13).

Cuadro 10. Incremento del Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga algodoncillo de estropajo *Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE3 (cm)	INC (cm)
T0	1.60	2.81	0.6
1(100-50-50)	1.77	2.88	1.11
2(100-50-100)	1.59	3.94	2.35
3(50-50-100)	1.65	2.99	1.34
(17-17-17)	1.67	3.01	1.34
(20-20-20)	1.39	3.20	1.81

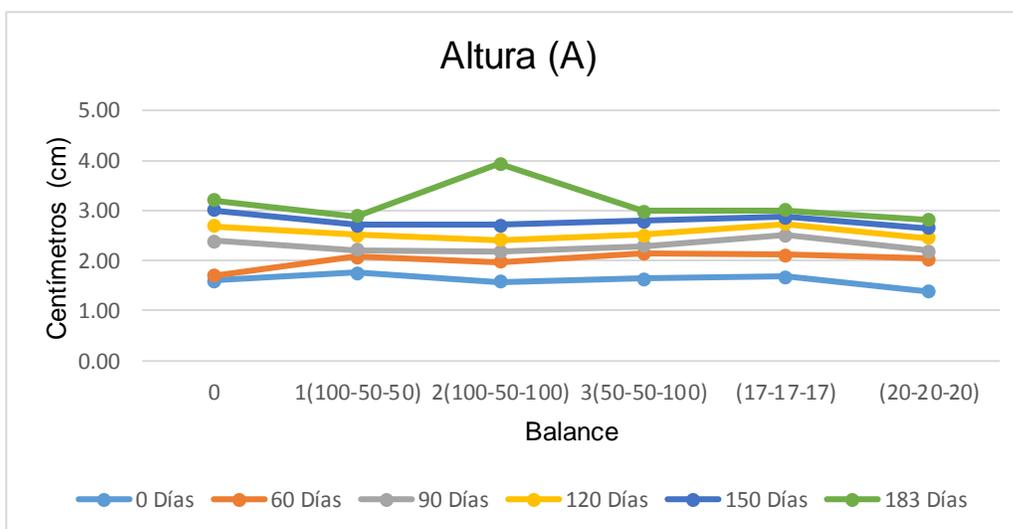
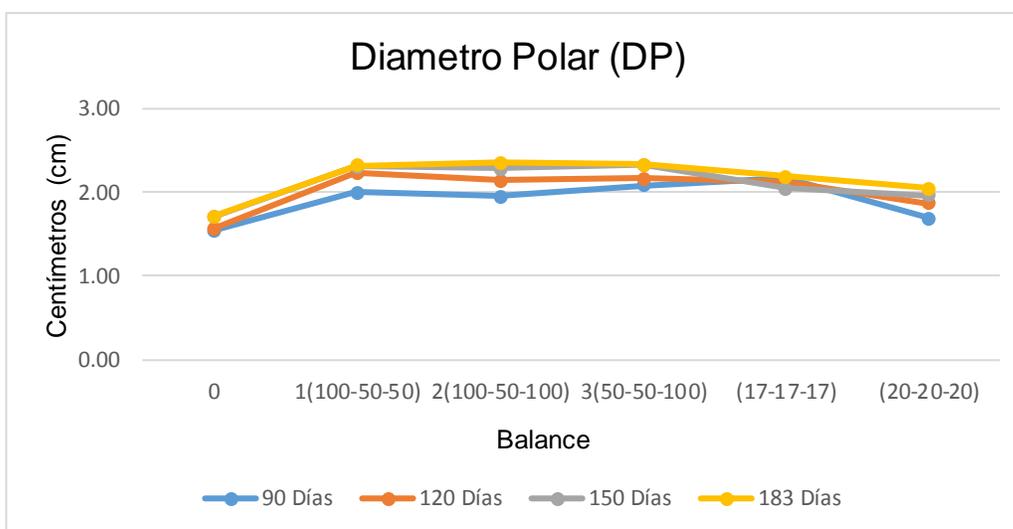
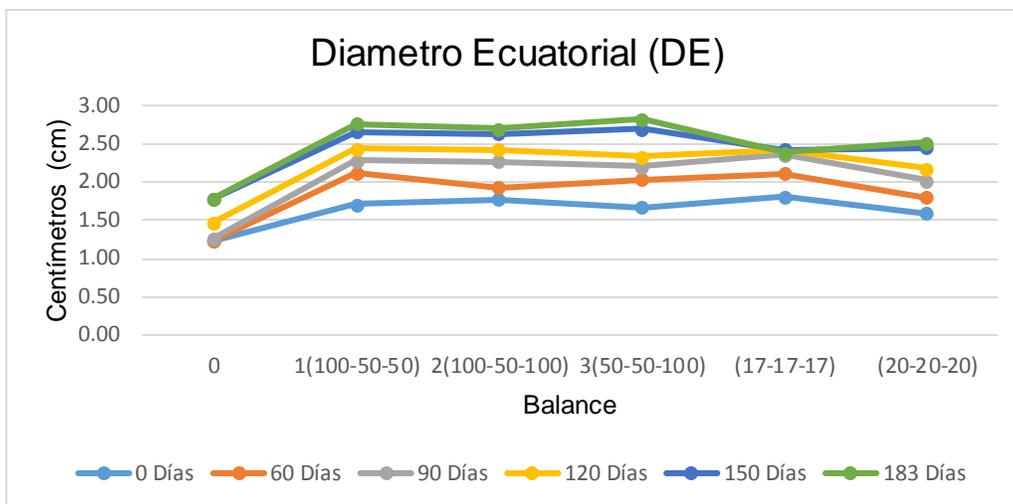


Figura 13. Efecto del balance nutricional en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.

Efecto entre Tratamientos

Al realizar una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.01$) considerando la interacción de la concentración y balance nutrimental encontramos que el mejor tratamiento que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas de biznaga algodóncillo de estropajo (*Astrophytum carpicorne* (A. Dierl.) Britt. & Rose) fue el tratamiento con la interacción de 800 ppm de NPK bajo un balance nutrimental de 100-50-100 porque las plantas registraron mayor altura ($A = 6.61$ cm) superando al resto de los tratamientos evaluados; aunque sus registros de DE (2.93 cm) y DP (2.00 cm) fueron superados por otros tratamientos las plantas del tratamiento referido fueron las que tuvieron mejor calidad comercial, registrando una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante del 59% en altura y una diferencia en DE y DP del 25% y 14 % respectivamente, siendo plantas que ya se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de alto) (Figuras 14 y Cuadro 11).

Los tratamientos con la interacción de 100 ppm de NPK bajo un balance nutrimental de 100-50-100, 200 ppm de NPK con un balance nutrimental de 50-50-100 y 400 ppm de NPK en proporción 50-50-100 también pueden aplicarse a este tipo de plantas; sin embargo, el tamaño de las plantas será menor al obtenido con el tratamiento de 800 ppm (100-50-100) disminuyendo su ciclo de producción en invernadero.

El crecimiento de las plantas con la concentración de 800 ppm de NPK (100-50-100) superó a los testigos comerciales (Triple 20 y Triple 17) los cuales registraron un DE y DP casi semejante, pero con menor altura que las plantas del tratamiento referido. Por lo que los productores tienen que considerar otras opciones de fertilización para el crecimiento de este tipo de plantas (Cuadro 11 y Figuras 14, 15 y 16).

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga algodoncillo de estropajo *Astrophytum carpicorne* (A. Diert.) Britt. & Rose en invernadero.

Trat	Concentración	Dosis NPK	DE* (cm)		DP* (cm)		A* (cm)	
0			1.79	d	1.72	d	2.70	bc
1	(100 ppm)	100-50-50	2.72	bc	2.09	cd	2.80	bc
2	(100 ppm)	100-50-100	3.79	a	2.59	ab	3.17	ab
3	(100 ppm)	50-50-100	2.45	cd	2.10	cd	2.70	bc
4	(200 ppm)	100-50-50	2.96	ab	2.47	bc	2.83	bc
5	(200 ppm)	100-50-100	2.53	bc	2.60	a	2.96	bc
6	(200 ppm)	50-50-100	2.87	bc	2.44	bc	3.19	ab
7	(400 ppm)	100-50-50	2.71	bc	2.45	bc	2.94	bc
8	(400 ppm)	100-50-100	2.78	a	2.22	cd	3.00	ab
9	(400 ppm)	50-50-100	3.00	a	2.44	bc	3.17	a
10	(800 ppm)	100-50-50	2.65	bc	2.27	cd	2.96	bc
11	(800 ppm)	100-50-100	2.39	cd	2.00	cd	6.61	a
12	(800 ppm)	50-50-10	2.96	ab	2.34	bc	2.89	bc
13	Triple 17	17-17-17	2.38	cd	2.19	cd	3.01	ab
14	Triple 20	20-20-20	2.51	a	2.04	cd	2.81	bc

Fuente: DE.- Diámetro ecuatorial final; DP.- Diámetro polar final; A.- Altura final.

* Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

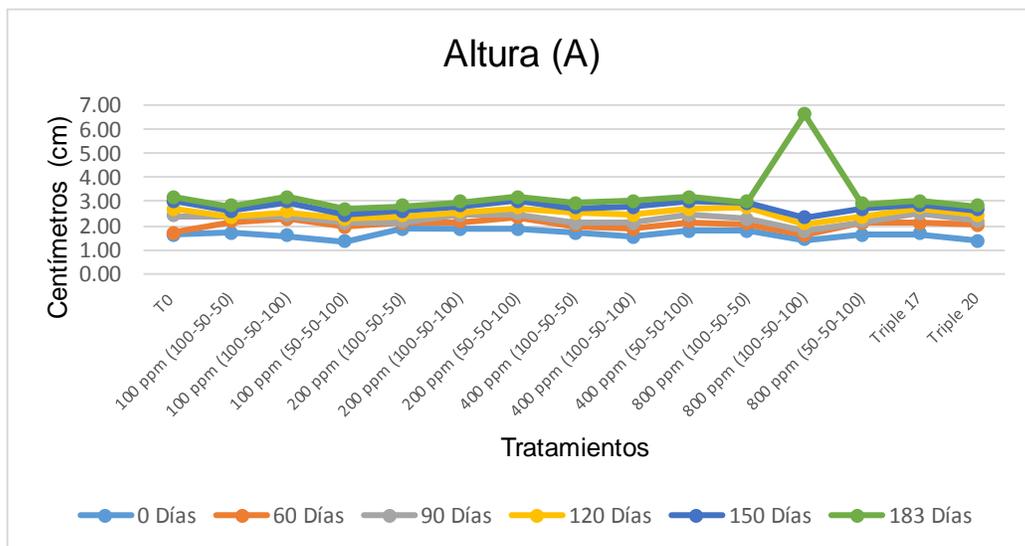
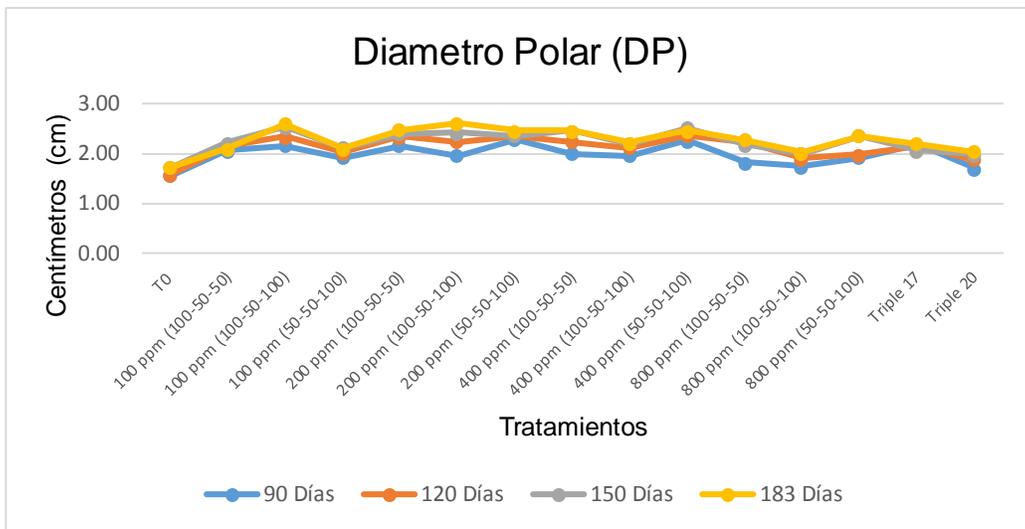
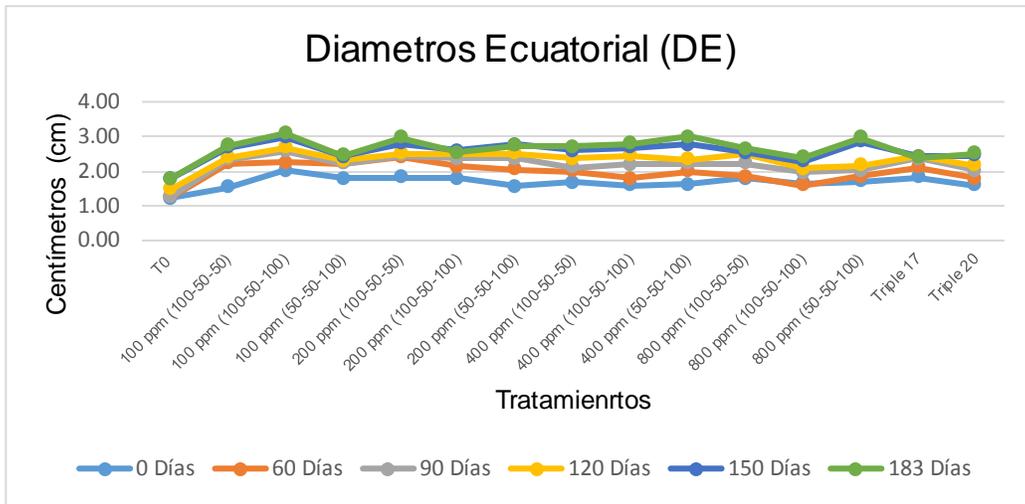


Figura 14. Efecto de los tratamientos en diámetro de las plantas de biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.

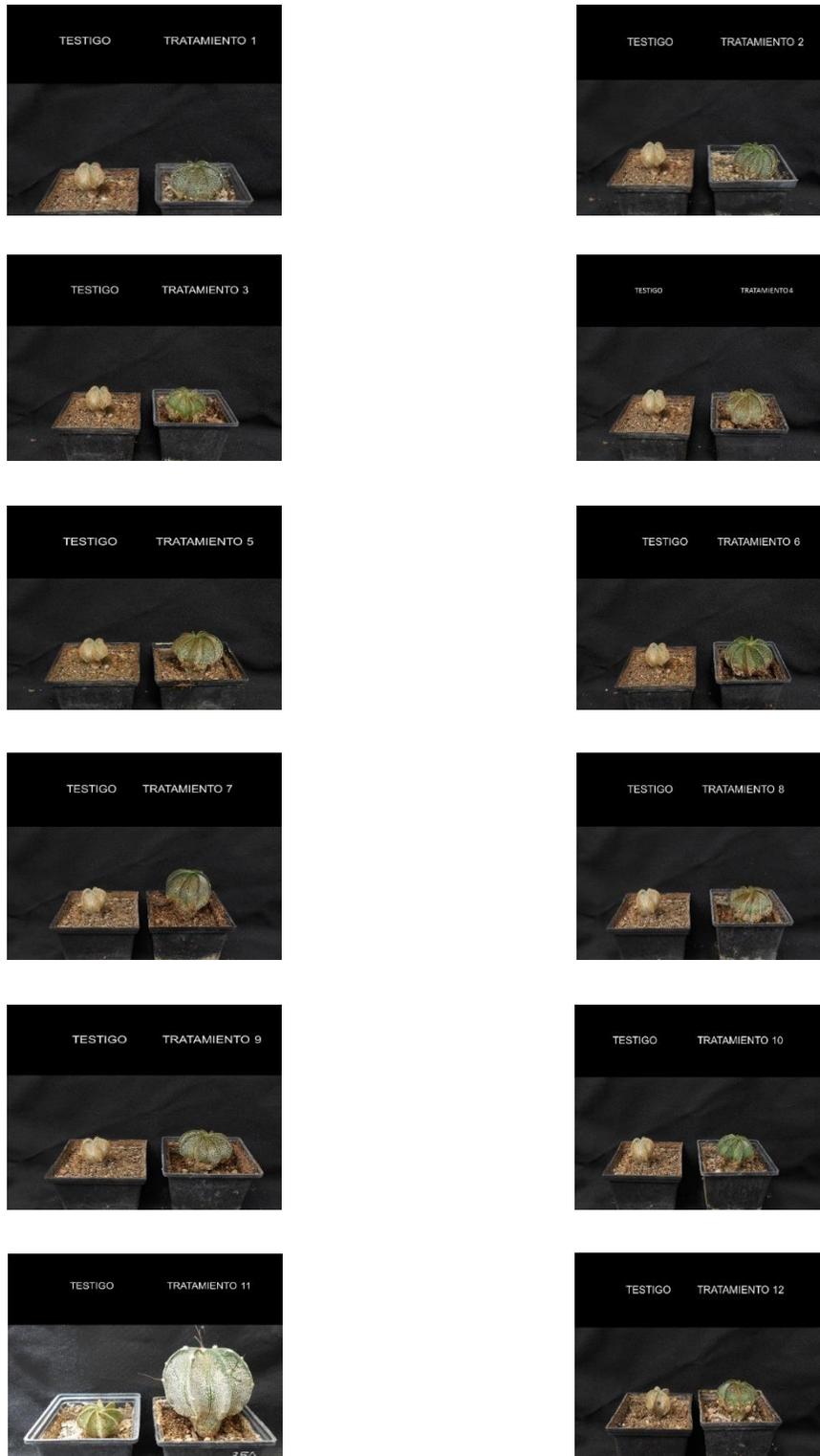


Figura 15. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.

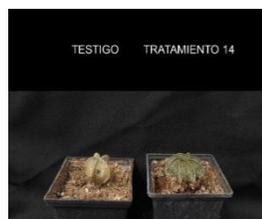


Figura 16. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britt. & Rose) en invernadero.

***Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois**

Efecto entre concentraciones

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo la concentración del testigo comercial Triple 20 la que superó al resto de las concentraciones evaluadas registrando un DE de 3.79 cm pero al final de la evaluación la concentración de 400 ppm registró un DE de 5.33 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.16 cm, aumentando en 21% el diámetro de las plantas.

Con el Testigo comercial Triple 20 se registró un DE de 5.14 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 0.97 cm, aumentando en 18% el diámetro de las plantas.

El testigo comercial Triple 17 y la concentración de 100 ppm de NPK tuvieron un comportamiento semejante registrando un DE no mayor a 4.79 cm con estos tratamientos se registró una diferencia del 13 % con respecto a testigo sin fertilizante (T0) aumentando solamente 0.62 cm el diámetro de las plantas (Cuadro 12 y Figura 17).

En orden de importancia le siguieron las concentraciones 200 ppm y 800 ppm quienes fueron iguales estadísticamente registrando un DE no mayor a 4.25 cm con estos tratamientos se registró una diferencia del 1.8 % con respecto a testigo sin fertilizante (T0) aumentando solamente 0.08 cm el diámetro de las plantas.

Cuadro 12. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

CON (ppm)	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	2.61	5.14	2.53
17 (T. Comercial)	2.49	4.44	1.95
800	2.59	4.25	1.66
400	2.75	5.33	2.58
200	2.95	4.21	1.26
100	2.85	4.79	1.94
T0	1.42	4.17	2.75

Diámetro Polar (DP). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 120 días de evaluación siendo el testigo comercial Triple 20 la que superó al resto de las concentraciones evaluadas, esta tendencia se mantuvo hasta los 183 días de establecimiento registrando un DP de 4.07 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.69 cm, aumentando en 42 % el diámetro de las plantas.

En orden de importancia le siguió la concentración de 400 ppm de NPK la cual registró plantas con un DP de 3.94 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.56 cm, aumentando en 39.5 % el diámetro de las plantas.

El testigo comercial Triple 17 y la concentración de 100 ppm de NPK tuvieron un comportamiento semejante registrando un DP no mayor a 3.47 cm con estos tratamientos se registró una diferencia del 31 % con respecto a testigo sin fertilizante (T0) aumentando 1.09 cm el diámetro de las plantas (Cuadro 13 y Figura 17).

Las concentraciones de 200 ppm y 800 ppm fueron iguales estadísticamente registrando un DP no mayor a 2.80 cm existiendo una diferencia del 17 % con respecto a testigo sin fertilizante (T0) aumentando solamente 0.49 cm el DP de las plantas (Cuadro 13 y Figura 17).

Cuadro 13. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en la biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

CON (ppm)	DP0 (cm)	DP5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	2.76	4.07	1.31
17 (T. Comercial)	2.56	3.18	0.62
800	2.30	2.87	0.57
400	2.67	3.94	1.27
200	2.45	2.80	0.35
100	2.20	3.47	1.27
T0	1.40	2.38	0.98

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre tratamientos desde de los 60 días de evaluación, siendo la concentración de 400 ppm de NPK la que superó en altura al resto de las concentraciones evaluadas registrando un A de 2.71 cm. Al final de la avaluación la concentración de 100 ppm registró una A de 3.92 cm existiendo una diferencia 2.47 cm, con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 63 % su tamaño. Le siguieron en la orden de importancia la concentración 400 ppm de NPK y el testigo comercial Triple 17 quienes fueron estadísticamente iguales presentando una A de 3.75 cm existiendo una diferencia 2.4 cm, con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 63 % su tamaño.

La concentración de 800 ppm de NPK junto con el testigo comercial Triple 20 fueron iguales estadísticamente registrando una A no mayor a 2.80 cm existiendo una diferencia 1.3 cm, con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 48 % su tamaño (Cuadro 14 y Figura 17).

Cuadro 14. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

CON (ppm)	A0 (cm)	A5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.70	2.70	1
17 (T. Comercial)	1.80	3.70	1.9
800	1.51	2.88	1.37
400	1.86	3.75	1.89
200	1.47	3.03	1.56
100	1.79	3.92	2.13
T0	1.47	1.45	0.02

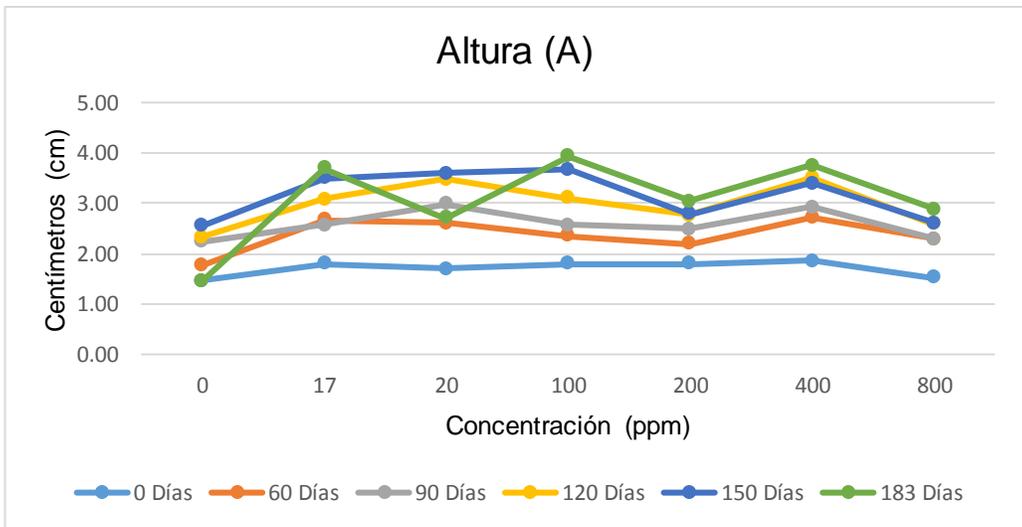
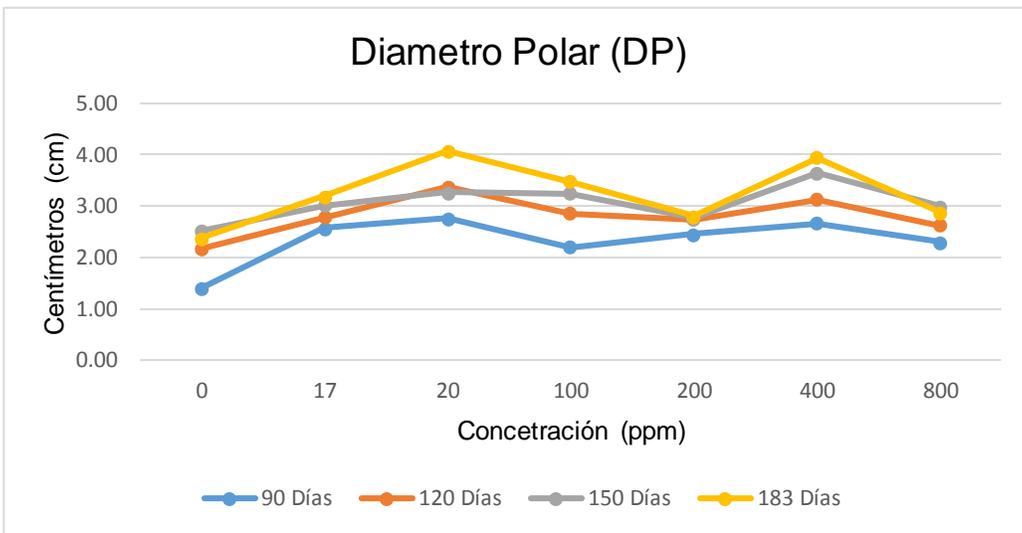
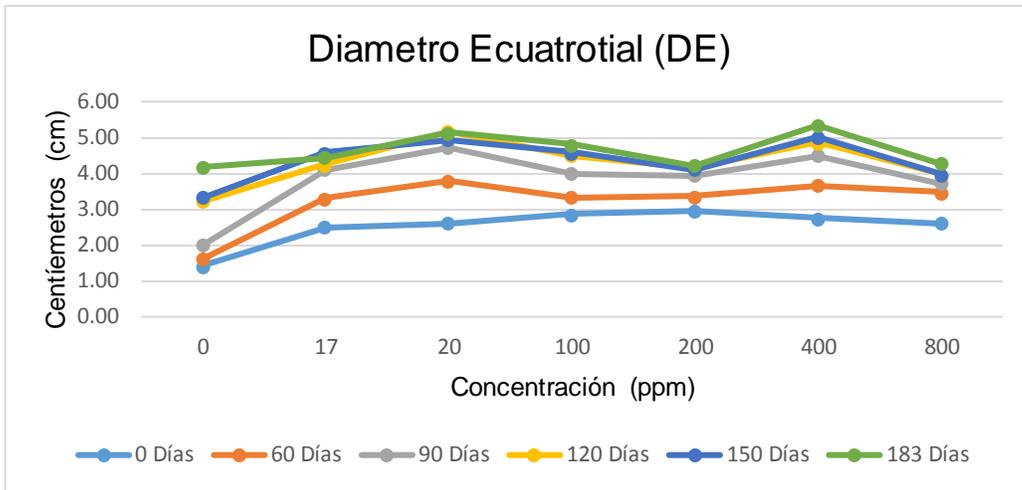


Figura 17. Efecto de la concentración en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) Altura (A) de la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.

Efecto entre balance nutrimental

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación, siendo el balance nutrimental del testigo comercial Triple 20 el que superó a los 183 días de evaluación al resto de los balances evaluados, registrando un DE de 5.14 cm existiendo una diferencia de 0.96 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 19 % diámetro de las plantas.

El balance nutrimental 100-50-50 de NPK registró al final de la evaluación un DE de 4.97 cm existiendo una diferencia de 0.79 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 15.8 % el diámetro de las plantas.

Los balances nutrimentales 50-50-100 y 100-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales junto con el testigo comercial Triple 17 registrando un DE no mayor a 4.55 cm, existiendo una diferencia de 0.37 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 8.3 % diámetro (Cuadro 15 y Figura 18).

Cuadro 15. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances nutrimental en la biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.43	4.18	2.75
1(100-50-50)	2.79	4.97	2.18
2(100-50-100)	2.77	4.55	1.78
3(50-50-100)	2.81	4.44	1.63
(17-17-17)	2.50	4.45	1.95
(20-20-20)	2.61	5.14	2.53

Diámetro Polar (DP). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 120 días de evaluación, siendo el balance nutrimental del testigo comercial Triple 20 el que superó después de 183 días de evaluación al resto de los balances evaluados, registrando un DP de 4.07 cm existiendo una diferencia de 1.69 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 41.8 % el diámetro de las plantas.

En orden de importancia le siguió el balance nutricional 100-50-50 de NPK el cual registró un DP de 3.58 cm existiendo una diferencia de 1.20 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 33.5 % el diámetro de las plantas.

El balance nutricional 100-50-100 de NPK junto con el testigo comercial Triple 17 fueron estadísticamente iguales registrando un DP no mayor a 3.25 cm, existiendo una diferencia de 0.87 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 26.7 % el diámetro de las plantas.

Un menor efecto de obtuvo con el balance 50-50-100 de NPK que registró un DP no mayor a 3.0 existiendo una diferencia de 0.62 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 20 % el diámetro de las plantas (Cuadro 16 y Figura 18).

Cuadro 16. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutricionales en la biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.40	2.38	0.98
1(100-50-50)	2.36	3.58	1.22
2(100-50-100)	2.46	3.25	0.79
3(50-50-100)	2.40	3.00	0.6
(17-17-17)	2.57	3.19	0.62
(20-20-20)	2.77	4.07	1.3

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre balances nutricionales a partir de los 60 días de evaluación, siendo el balance de 100-50-50 de NPK junto con el testigo comercial triple 17 los que superó al resto de los balances evaluados, registrando al final de la evaluación una A de 3.79 cm existiendo una diferencia de 2.34 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 61 % la altura de las plantas.

Le siguieron en orden de importancia los balances nutricionales de 100-50-100 y 50-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando al final de la

evaluación un A no mayor a 3.31 cm existiendo una diferencia de 1.86 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 56 % la altura de las plantas.

La menor respuesta se obtuvo con el testigo comercial Triple 20 registrando al final de la evaluación un A de 2.70 cm existiendo una diferencia de 1.25 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 46 % la altura de las plantas (Cuadro 17 y Figura 18).

Cuadro 17. Incremento del Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.46	1.45	0.01
1(100-50-50)	1.82	3.79	1.97
2(100-50-100)	1.70	3.31	1.61
3(50-50-100)	1.80	3.10	1.3
(17-17-17)	1.80	3.70	1.9
(20-20-20)	1.70	2.70	1

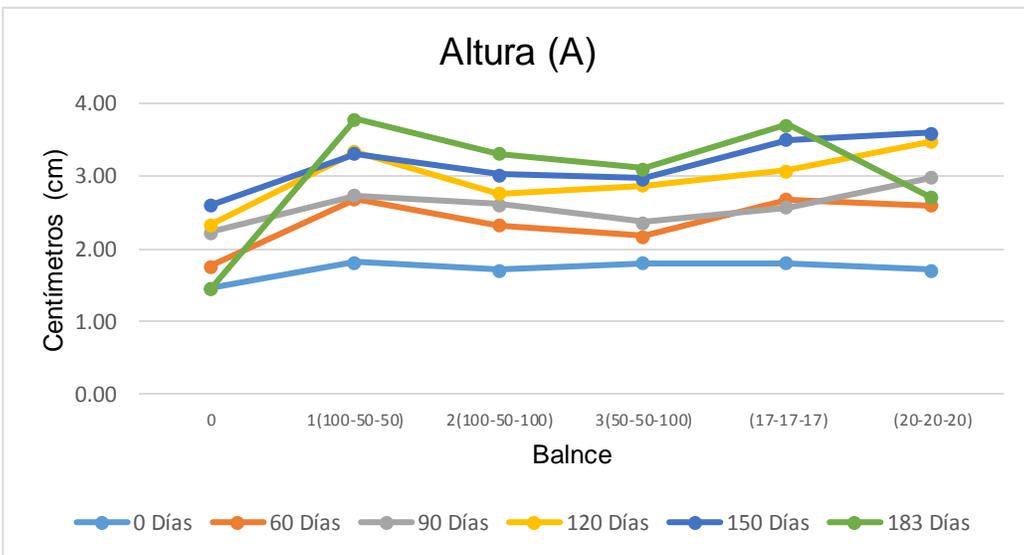
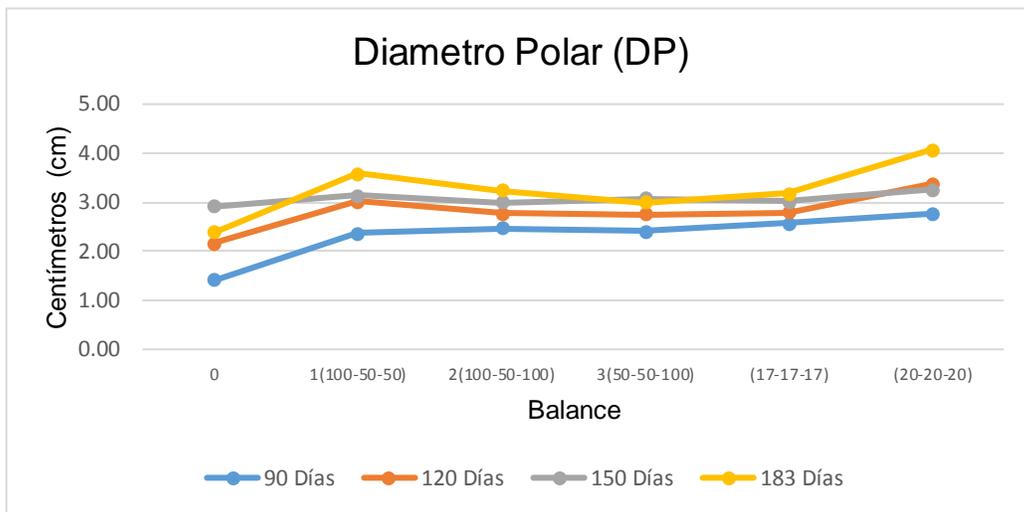
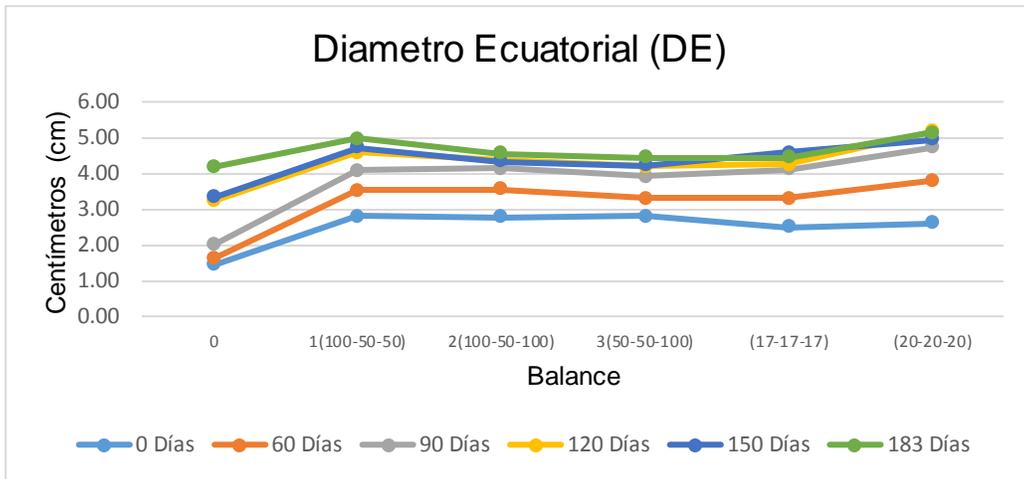


Figura 18. Efecto del balance nutricional en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.

Efecto entre Tratamientos

Al realizar una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.01$) considerando la interacción de la concentración y balance nutrimental encontramos que al final de la evaluación el mejor tratamiento que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas de biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois) fueron los tratamientos con la interacción de 100 ppm y 400 ppm de NPK con el mismo balance nutrimental de 100-50-50 de NPK. Las plantas que se hicieron crecer con 100 ppm de NPK y el balance nutrimental de 100-50-50 de NPK registraron mayor altura ($A= 5.05$ cm) superando al resto de los tratamientos evaluados con un DE de 5.47 cm y un DP de 4.16 cm; mientras que las plantas que se hicieron crecer con 400 ppm de NPK y el balance nutrimental de 100-50-50 registraron altura menor ($A= 4.58$ cm) pero con un DE (6.26cm) y DP (4.86 cm) semejante a las plantas del tratamiento anterior. Ambos tratamientos referidos fueron las que tuvieron mejor calidad comercial, triplicando en altura y duplicando en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante, siendo plantas que se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de alto) disminuyendo su ciclo de producción en invernadero.

El crecimiento de las plantas con la concentración de 100 ppm y 400 ppm de NPK (100-50-50) superaron los testigos comerciales Triple 20 y Triple 17 los cuales registraron menor altura y diámetro (DE y DP) de las plantas, por lo que los productores tienen que considerar otras opciones de fertilización para mejorar su esquema producción (Cuadro 18 y Figuras 19, 20 y 21).

Cuadro 18. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga plumosa *Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois en invernadero.

Trat	Concentración	Dosis NPK	DE* (cm)		DP* (cm)		A* (cm)	
0			3.69	e	2.29	e	1.45	e
1	(100 ppm)	100-50-50	5.47	ab	4.16	ab	5.05	a
2	(100 ppm)	100-50-100	4.64	bc	3.24	cd	3.23	cd
3	(100 ppm)	50-50-100	4.24	de	3.01	cd	3.50	cd
4	(200 ppm)	100-50-50	4.17	de	3.01	e	2.78	de
5	(200 ppm)	100-50-100	4.47	cd	3.11	cd	3.35	cd
6	(200 ppm)	50-50-100	4.48	cd	3.00	cd	2.98	de
7	(400 ppm)	100-50-50	6.26	a	4.86	a	4.58	bc
8	(400 ppm)	100-50-100	4.85	bc	3.80	bc	3.75	cd
9	(400 ppm)	50-50-100	4.89	bc	3.16	cd	2.95	de
10	(800 ppm)	100-50-50	4.42	cd	2.99	de	2.75	de
11	(800 ppm)	100-50-100	4.23	cd	2.83	de	2.93	de
12	(800 ppm)	50-50-100	4.11	de	2.80	de	2.98	de
13	Triple 17	17-17-17	4.44	cd	3.18	cd	3.70	cd
14	Triple 20	20-20-20	5.14	ab	4.07	ab	2.70	de

Fuente: DE.- Diámetro ecuatorial final; DP.- Diámetro polar final; A.- Altura final.

* Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

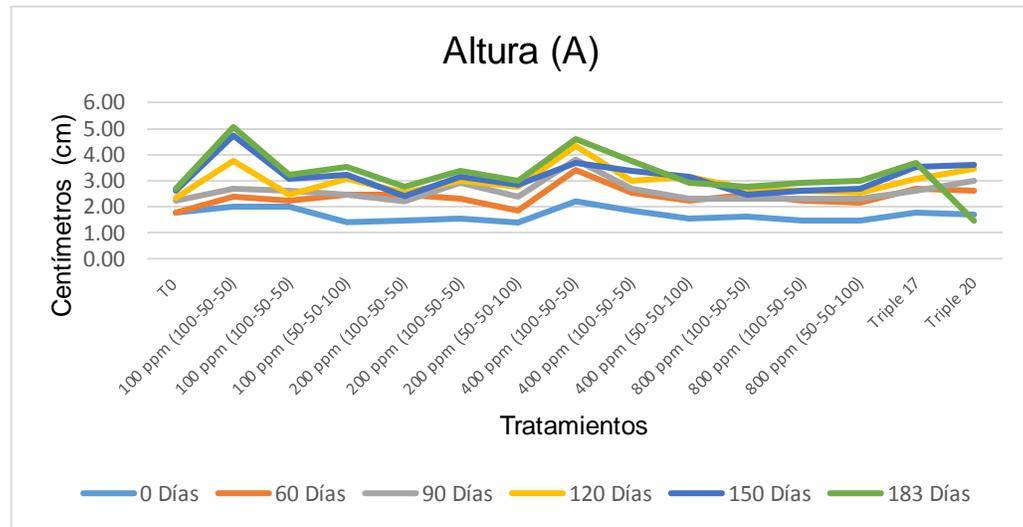
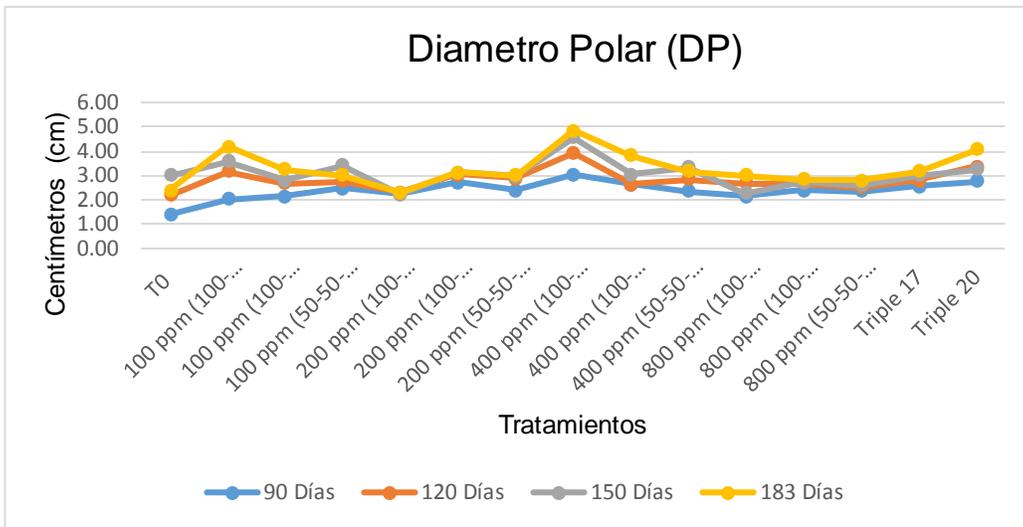
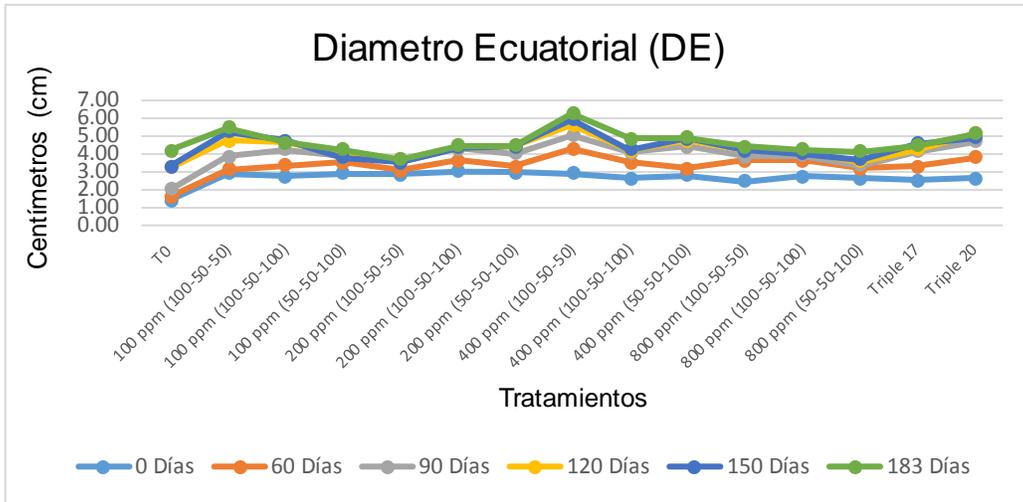


Figura 19. Efecto de los tratamientos de las plantas de la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.

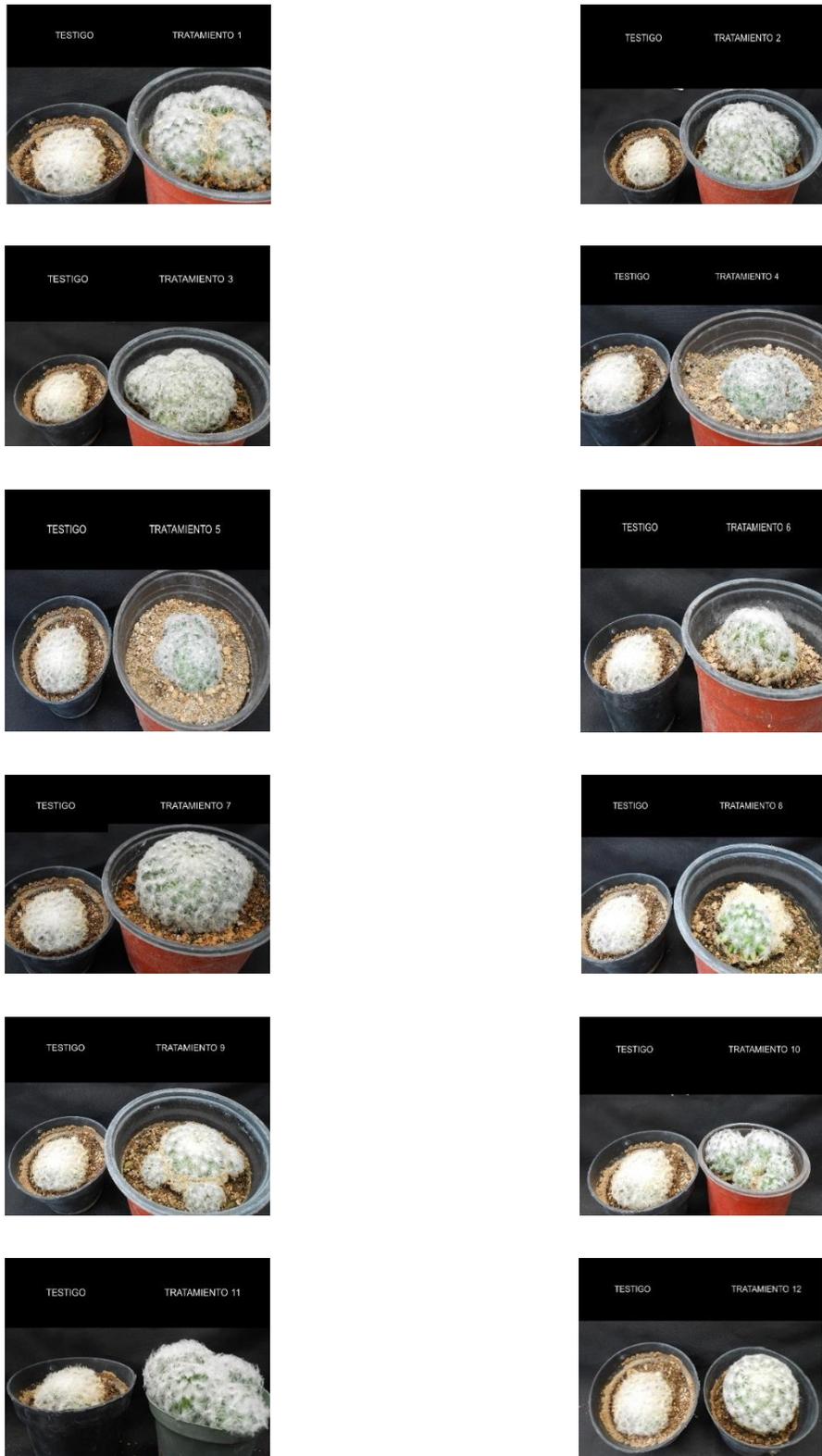


Figura 20. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* (Engelm.) F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.



Figura 21. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa* (Engelm.) F.A.C. Weber in Bois) en invernadero.

Plantas Producidas *in vitro* Aclimatadas en Invernadero

***Astrophytum myriostigma* Lem.**

Efecto entre concentraciones.

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo las concentraciones de 100 ppm de NPK las que superaron al resto de las concentraciones evaluadas registrando un DE de 1.63 cm. a los 183 días de establecimiento solo la concentración de 400 ppm superó al resto de las concentraciones evaluadas, registrando un DE de 3.42 cm. Con esta concentración el DE de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) del 46%.

Al final de la evaluación la concentración de 100 ppm, 800 ppm NPK y el testigo comercial Triple 17 obtuvieron un efecto menor que las concentraciones anteriores, siendo estadísticamente iguales, registrando un DE de 3.14 cm. La concentración de 200 ppm registro un menor efecto con un DE no mayor a 3.06 cm. El testigo sin fertilizante registro el valor más bajo con un DE de 1.78 cm (Cuadro 19 y Figura 22).

Cuadro 19. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en *Astrophytum myriostigma* Lem. en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.34	3.33	1.99
17 (T. Comercial)	1.36	3.18	1.82
800	1.40	3.14	1.74
400	1.30	3.42	2.12
200	1.29	3.06	1.77
100	1.40	3.20	1.80
T0	1.21	1.78	0.57

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre tratamientos a partir de los 60 días de evaluación, siendo la concentración de 800 ppm de NPK las que superó en altura al resto de las concentraciones evaluadas registrando al final de la evaluación un A de 5.55 cm. Estas concentraciones junto con la concentración de 400 ppm registraron la mayor altura de las plantas con una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) 62%.

Las concentraciones de 100 ppm y 200 ppm de NPK junto con los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 20 fueron iguales estadísticamente y tuvieron el mismo comportamiento, registrando una altura no mayor a 4.86 cm con una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) del 57% (Cuadro 20 y Figura 22).

Cuadro 20. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de la biznaga bonete de obispo *Astrophytum myriostigma* Lem. en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	A0 (cm)	A5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	2.76	4.58	1.82
17 (T. Comercial)	2.80	4.42	1.62
800	2.77	5.55	2.78
400	2.62	5.42	2.80
200	2.80	4.86	2.06
100	2.78	4.65	1.87
T0	2.32	2.07	0.25

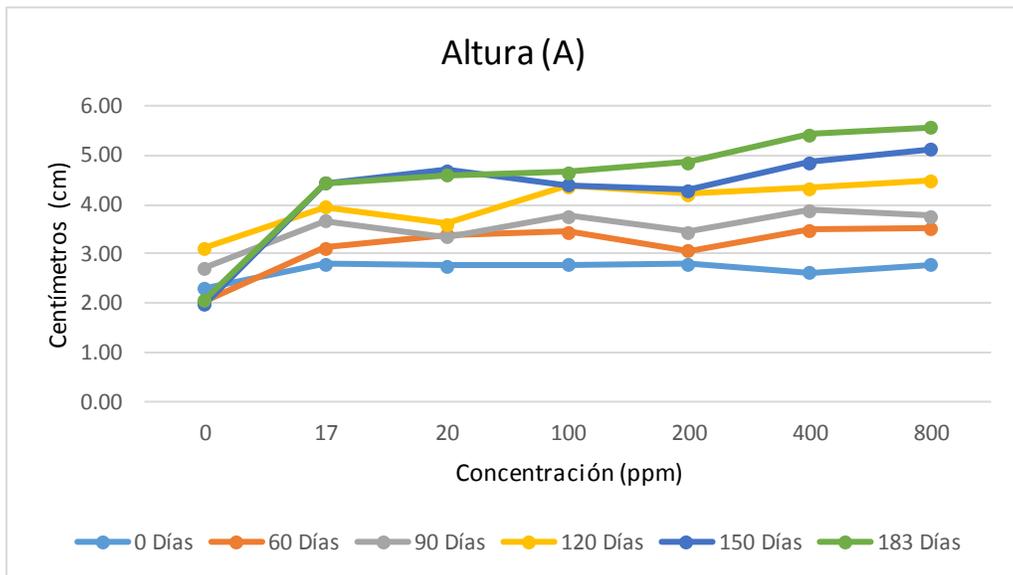
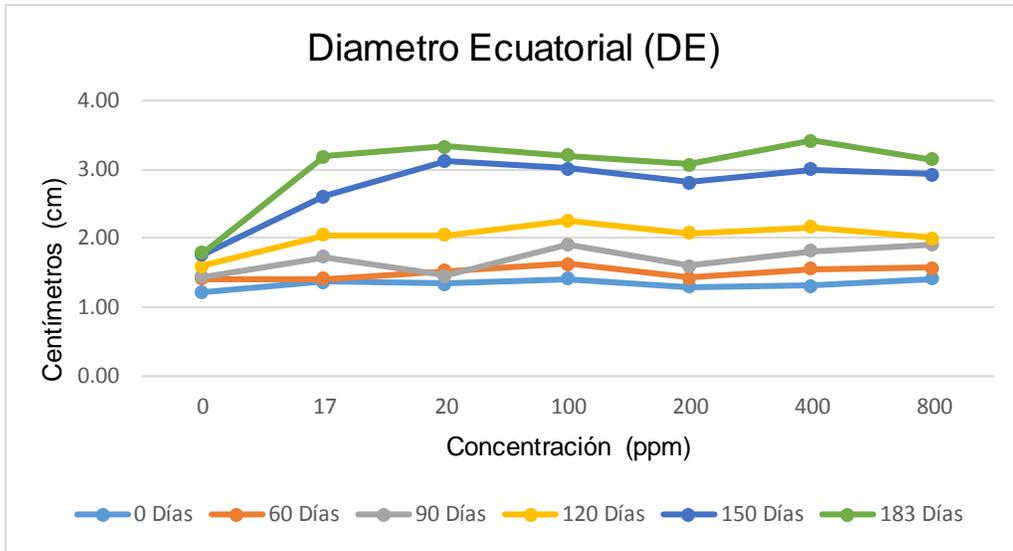


Figura 22. Efecto de la concentración de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE) y Altura (A) de la biznaga bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem.) durante la aclimatación en invernadero.

Efecto entre balance nutrimental.

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 90 días de evaluación, siendo el balance nutrimental de 50-50-100 el que superó al resto de los balances evaluados, registrando un DE de 2.27 cm. Al final de la evaluación el balance nutrimental de testigo comercial Triple 20 obtuvo mayor efecto que las concentraciones anteriores registrando un DE de 3.34 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.56 cm, aumentando 46% su diámetro.

Sin embargo, con el balance 100-50-50 de NKP se obtuvo un DE de 3.33 cm con un incremento mayor a 2.0 cm superando a todos los balances nutrimentales evaluados existiendo una diferencia del 75.7 % con respecto al testigo sin fertilizante (T0) (Cuadro 21 y Figura 23).

Cuadro 21. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances en la biznaga bonete de obispo *Astrophytum myriostigma* Lem. en la aclimatación en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.29	1.78	0.49
1(100-50-50)	1.31	3.33	2.02
2(100-50-100)	1.37	3.10	1.73
3(50-50-100)	1.32	3.23	1.91
(17-17-17)	1.37	3.18	1.81
(20-20-20)	1.37	3.34	1.97

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre balances nutrimentales a partir de los 90 días de evaluación, siendo el balance de 50-50-100 de NPK el que superó al resto de los balances evaluados, hasta el final de la evaluación, registrando un A de 5.33 cm. Con esta concentración la A de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante de 3.26 cm, aumentando 61% su diámetro. Al final de la evaluación le siguió en orden de importancia el balance 100-50-50 obteniendo un A de 5.08 cm con una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) del 61 %.

Los testigos comerciales Triple 17 y Triple 20 tuvieron un comportamiento semejante, registrando al final de la evaluación un A de 4.59 cm con una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante del 54 % (Cuadro 22 y Figura 23).

Cuadro 22. Incremento de Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga bonete de obispo *Astrophytum myriostigma* Lem. en la aclimatación en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	2.30	2.07	0.23
1(100-50-50)	2.74	5.08	2.34
2(100-50-100)	2.71	5.00	2.29
3(50-50-100)	2.79	5.33	2.54
(17-17-17)	2.80	4.43	1.63
(20-20-20)	2.76	4.59	1.83

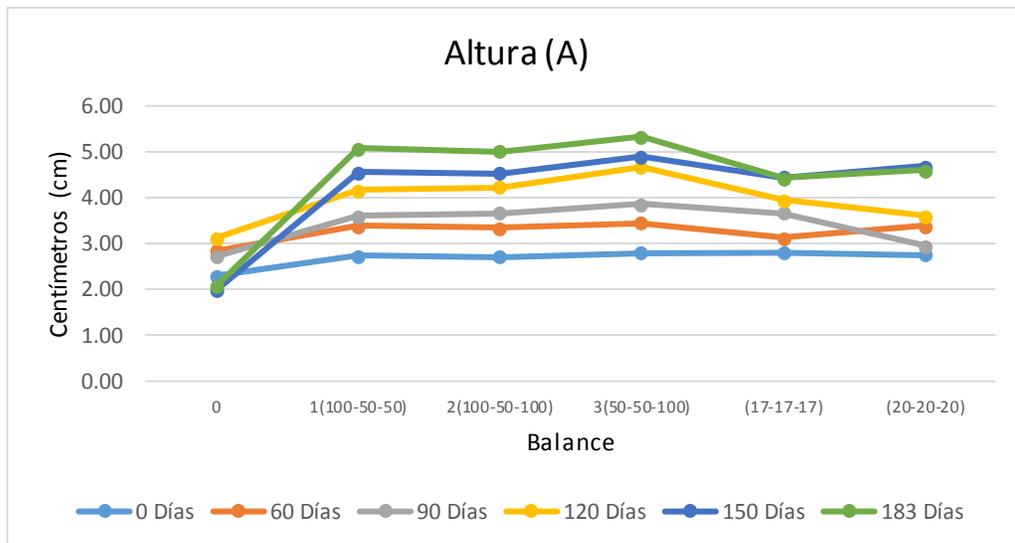
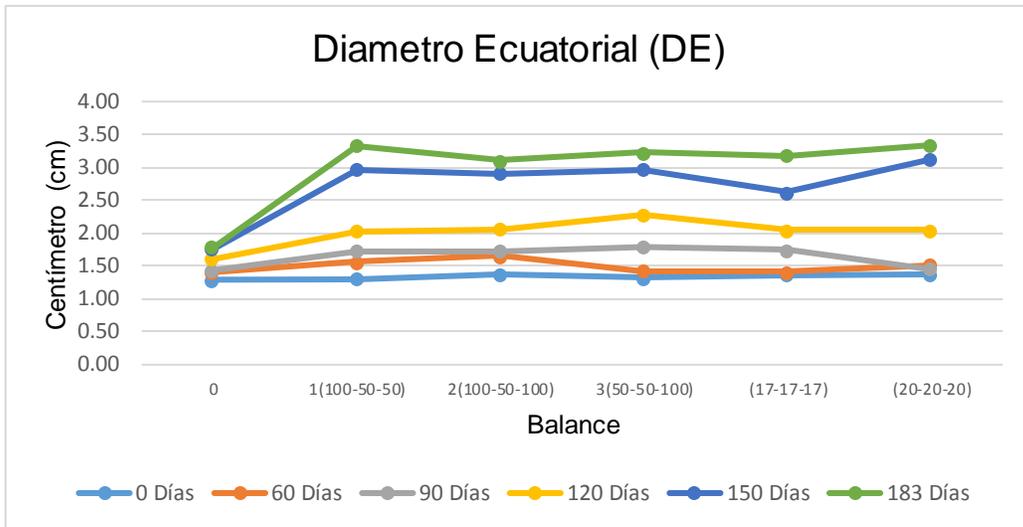


Figura 23. Efecto del balance nutricional en Diámetro Ecuatorial (DE) y Altura (A) de la biznaga algodoncillo de estropajo (*Astrophytum myriostigma* Lem.) durante la aclimatación en invernadero.

Efecto entre Tratamientos

Al realizar una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.01$) considerando la interacción de la concentración de NPK y el balance nutrimental encontramos que el mejor tratamiento que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas de biznaga bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem.) es el tratamiento con la interacción de 800 ppm de NPK bajo un balance nutrimental de 100-50-50 el que promueve el crecimiento de las plantas registrando mayor altura ($A = 6.12$ cm) superando al resto de los tratamientos evaluados y aunque sus registros de DE (3.46 cm) y DP fueron superados por otros tratamientos las plantas del tratamiento referido fueron las que tuvieron mejor calidad comercial, registrando una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante del 66% en altura y una diferencia en DE del 18% respectivamente, siendo plantas que ya se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de alto).

Los tratamientos con la interacción de 800 ppm de NPK bajo un balance nutrimental de 100-50-100 y 400 ppm de NPK con un balance nutrimental de 50-50-100 y 100-50-100 también pueden aplicarse a este tipo de plantas; sin embargo, el tamaño de las plantas será menor al obtenido con el tratamiento de 800 ppm (100-50-50) del que se obtuvo una mejor respuesta y una disminución del ciclo de producción en invernadero.

El crecimiento de las plantas con la concentración de 800 ppm de NPK y balance 100-50-50 y 50-50-100 superaron a los testigos comerciales (Triple 20 y Triple 17), los cuales registraron un DE y DP casi semejante, pero con menor altura que las plantas de los tratamientos referidos. Por lo que los productores tienen que considerar otras opciones de fertilización para el crecimiento de este tipo de plantas (Cuadro 23 y Figuras 24, 25 y 26).

Cuadro 23. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie bonete de obispo *Astrophytum myriostigma* Lem. en la aclimatación en invernadero.

Trat	Concentración	Dosis NPK	DE* (cm)		A* (cm)	
0			2.81	d	2.07	C
1	(100 ppm)	100-50-50	3.30	ab	4.43	B
2	(100 ppm)	100-50-100	3.08	bc	4.58	B
3	(100 ppm)	50-50-100	3.22	bc	5.02	Ab
4	(200 ppm)	100-50-50	2.99	d	4.55	B
5	(200 ppm)	100-50-100	2.89	d	4.99	B
6	(200 ppm)	50-50-100	3.26	cd	5.00	Ab
7	(400 ppm)	100-50-50	3.51	a	5.31	Ab
8	(400 ppm)	100-50-100	3.60	a	5.37	Ab
9	(400 ppm)	50-50-100	3.15	bc	5.59	Ab
10	(800 ppm)	100-50-50	3.46	ab	6.12	A
11	(800 ppm)	100-50-100	2.77	ab	4.96	B
12	(800 ppm)	50-50-100	3.30	ab	5.73	Ab
13	Triple 17	17-17-17	3.18	bc	4.42	B
14	Triple 20	20-20-20	3.33	ab	4.58	B

Fuente: DE.- Diámetro ecuatorial final; A.- Altura final;

* Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

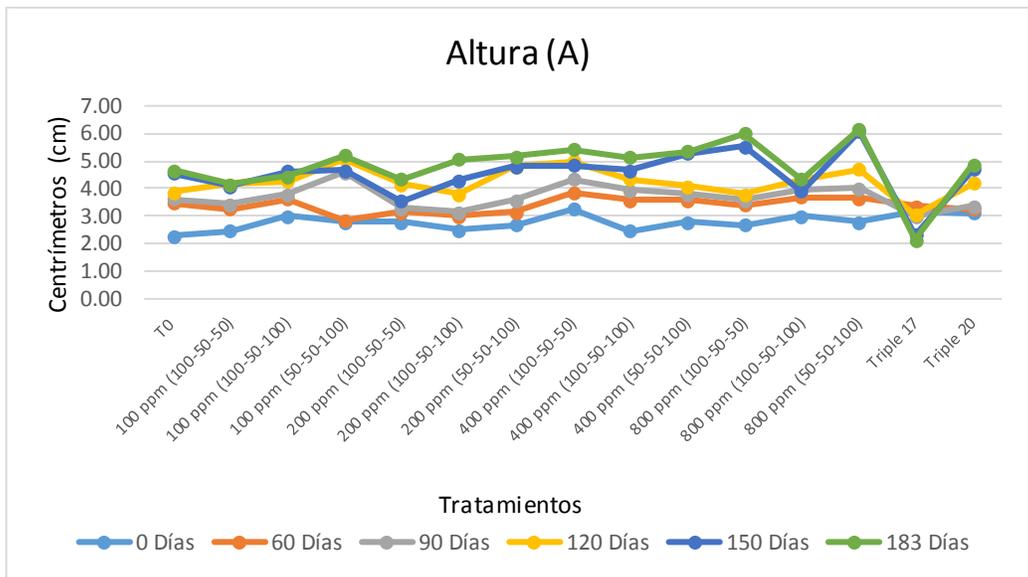
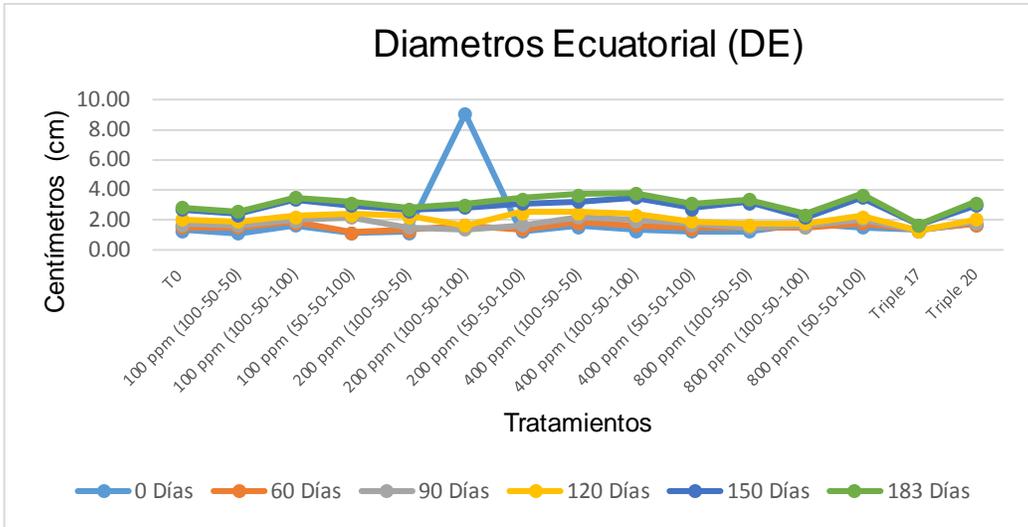


Figura 24. Efecto de los tratamientos en Diámetro Ecuatorial (DE) y Altura (A) de las plantas de la biznaga bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem.) durante la aclimatación en invernadero.

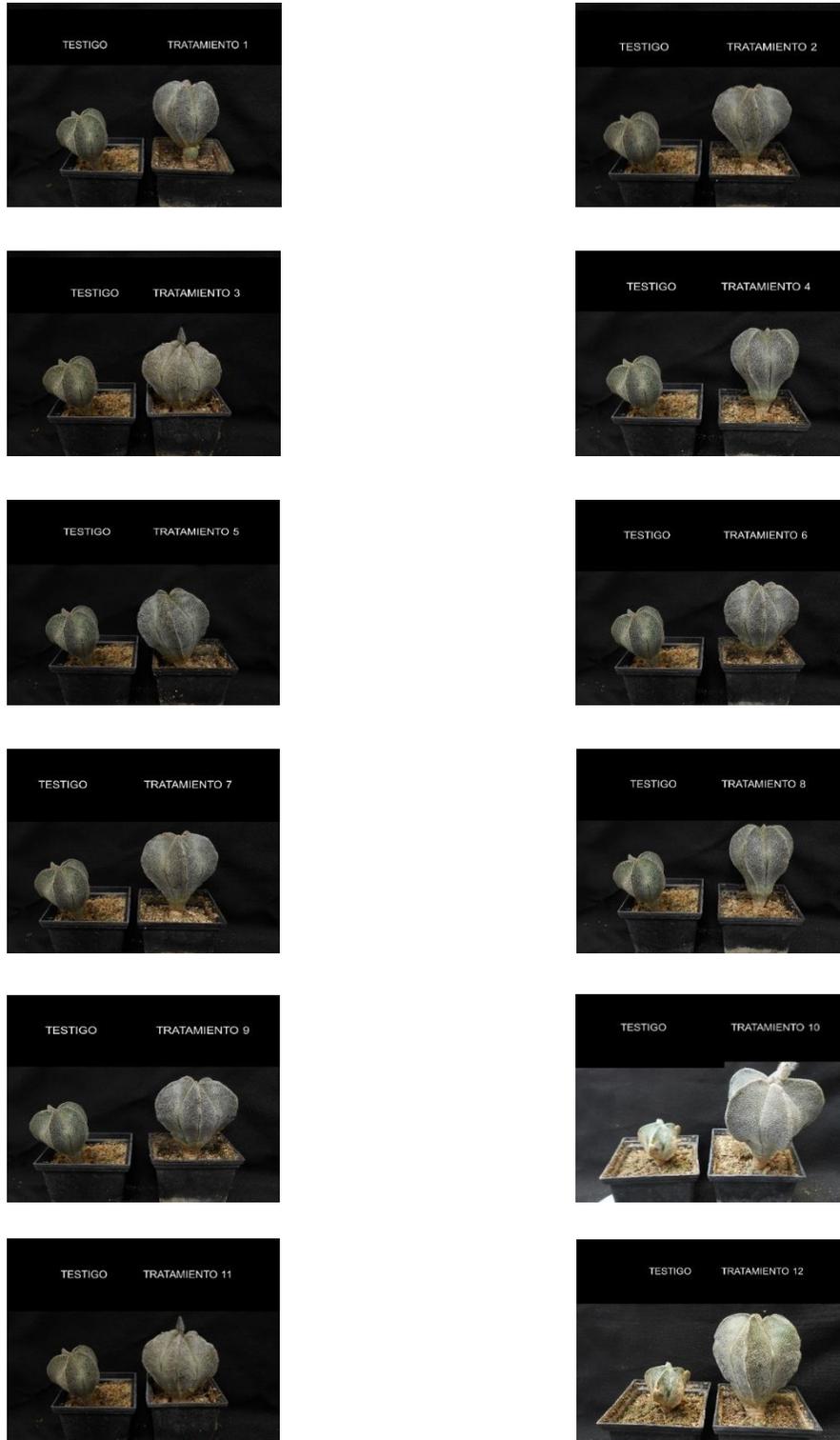


Figura 25. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem) durante la aclimatación en invernadero.



Figura 26. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma* Lem) durante la aclimatación en invernadero.

***Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose**

Efecto entre concentraciones.

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo la concentración de 800 ppm de NPK la que superó al resto de las concentraciones evaluadas, esta tendencia se mantuvo hasta los 183 días de establecimiento registrando un DE de 3.32 cm. Con esta concentración el DE de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.5 cm, aumentando en 45% su diámetro.

En orden de importancia le siguió la concentración del testigo comercial Triple 17 registrando un DE de 3.12 cm. Al final de la evaluación las concentraciones de 100 ppm, 200 ppm, y 400 ppm de NPK junto con el testigo comercial Triple 20 fueron iguales estadísticamente registrando un DE no mayor a 2.71 cm existiendo una diferencia del 32% con respecto a testigo sin fertilizante (T0) (Cuadro 24 y Figura 27).

Cuadro 24. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	2.20	2.33	0.13
17 (T. Comercial)	2.43	3.12	0.69
800	2.29	3.32	1.03
400	1.78	2.71	0.93
200	1.51	2.13	0.62
100	1.59	2.32	0.73
T0	1.04	1.82	0.78

Diámetro Polar (DP). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 150 días de evaluación siendo la concentración de 800 ppm de NPK la que superó al respecto de las concentraciones evaluadas, esta tendencia se mantuvo hasta los 183 días de establecimiento registrando un DP de 3.20 cm. Con esta concentración el DP de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante de 1.5 cm, aumentando 45% su diámetro.

En orden de importancia le siguió la concentración del testigo comercial Triple 17 registrando un DP de 2.94 cm. Las concentraciones de 100 ppm, 200 ppm y 400 ppm de NPK junto con el testigo comercial Triple 20 fueron iguales estadísticamente registrando un DP no mayor a 2.72 cm (Cuadro 25 y Figura 27).

Cuadro 25. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	DP0 (cm)	DP5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.54	2.68	1.14
17 (T. Comercial)	1.97	2.94	0.97
800	2.67	3.20	0.53
400	1.89	2.72	0.83
200	1.88	2.26	0.38
100	1.86	2.26	0.40
T0	1.42	1.73	0.31

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre tratamientos a partir de los 90 días de evaluación, siendo la concentración de 400 ppm de NPK la que superó en altura al resto de las concentraciones evaluadas registrando un A de 5.03 cm existiendo una diferencia 2.7 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 54% su tamaño. La concentración del testigo comercial Triple 17 tuvo un menor efecto en el tamaño de las plantas registrando una altura de 4.27 cm.

Las concentraciones de 100 ppm, 200 ppm y 800 ppm de NPK fueron iguales estadísticamente y no tuvieron un efecto significativo con esta variable, registrando plantas con una altura promedio no mayor a 3.47 cm existiendo una diferencia 1.17 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 33 % su tamaño (Cuadro 26 y Figura 27).

Cuadro 26. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	A0 (cm)	A5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.60	2.46	0.86
17 (T. Comercial)	2.57	4.27	1.70
800	2.67	3.47	0.80
400	1.81	5.03	3.22
200	1.47	3.16	1.69
100	1.40	3.25	1.85
T0	1.22	2.30	1.08

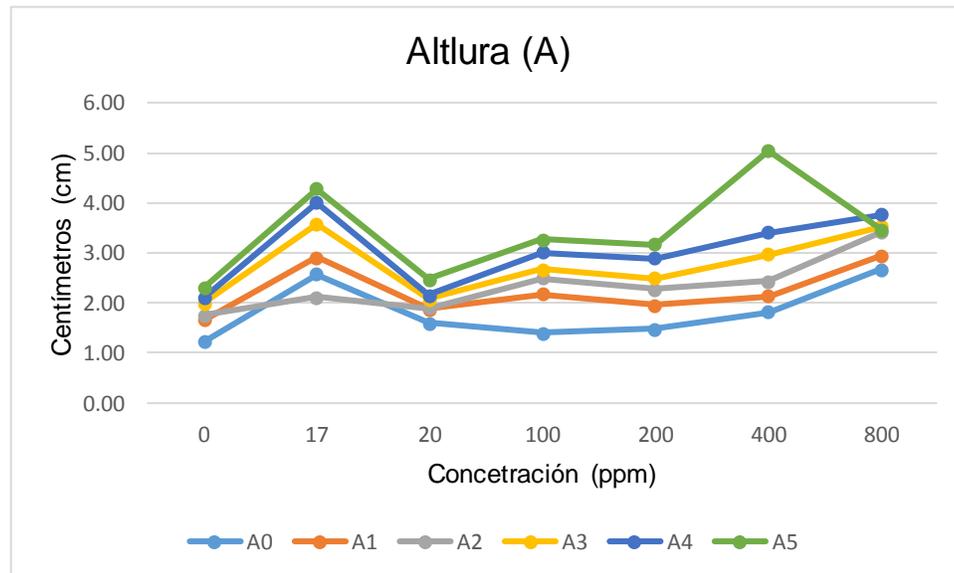
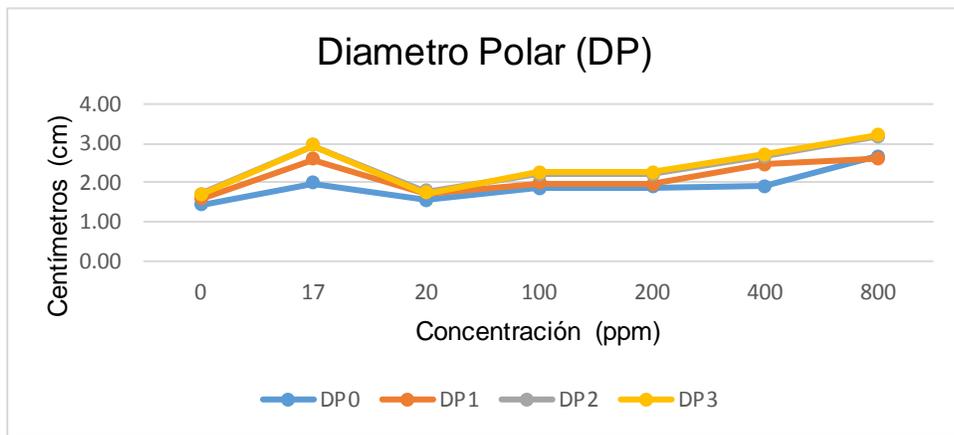
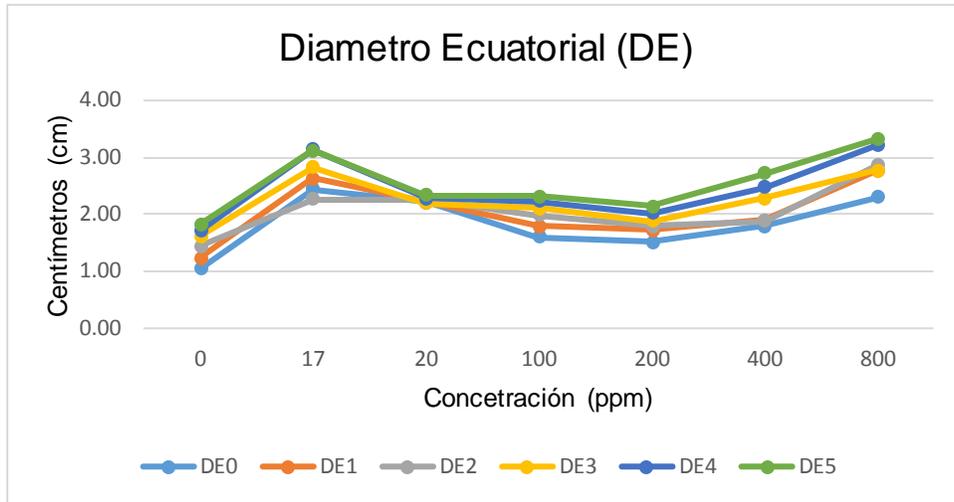


Figura 27. Efecto de la concentración de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.

Efecto entre balance nutrimental

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación, siendo el balance nutrimental del testigo comercial Triple 17 el que superó al resto de los balances evaluados, hasta los 183 días de establecimiento, registrando un DE de 3.11 cm. Con este balance nutrimental el DE de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.3 cm, aumentando en 41% su diámetro.

Los balances nutrimentales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando un DE no mayor a 2.71 cm, con estos tratamientos se registró una diferencia del 32 % con respecto a testigo sin fertilizante (T0) aumentando el DE de las plantas solamente 0.89 cm. Le siguió en orden de importancia el testigo comercial Triple 20, registrando al final de la evaluación un DE de 2.34 cm (Cuadro 27 y Figura 28).

Cuadro 27. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.

Balace	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.04	1.82	0.78
1(100-50-50)	1.85	2.71	0.86
2(100-50-100)	1.94	2.67	0.73
3(50-50-100)	1.60	2.50	0.9
(17-17-17)	2.43	3.12	0.69
(20-20-20)	2.21	2.34	0.13

Diámetro Polar (DP). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 90 días de evaluación, siendo el balance nutrimental del testigo comercial Triple 17 el que superó al resto de los balances evaluados, hasta los 183 días de establecimiento, registrando un DP de 2.94 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.25 cm, aumentando en 42.5% el diámetro de las plantas.

Los balances nutrimentales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-10 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando un DP no mayor a 2.69 cm existiendo una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante de 1.0 cm, aumentando en 37% su diámetro. Le siguió en orden de importancia el testigo comercial Triple 20, quien se comportó como el testigo sin fertilizante (T0) registrando al final de la evaluación un DP de 1.74 cm (Cuadro 28 y Figura 28).

Cuadro 28. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.

Balace	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.42	1.69	0.27
1(100-50-50)	1.84	2.48	0.64
2(100-50-100)	2.30	2.69	0.39
3(50-50-100)	2.11	2.68	0.57
(17-17-17)	1.98	2.94	0.96
(20-20-20)	1.55	1.74	0.19

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre balances nutrimentales a partir de los 60 días de evaluación, siendo el balance de 50-50-100 de NPK el que superó al resto de los balances evaluados, hasta el final de la evaluación, registrando un A de 4.62 cm aumentando en más del doble la altura de las plantas del testigo sin fertilizante (T0) obteniendo un incremento de 2.3 cm con respecto a su tamaño inicial.

El balance nutrimental del testigo comercial Triple 17 tuvo menor efecto, registrando al final de la evaluación un A de 4.27 cm existiendo una diferencia del 46% con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.9 cm.

Le siguieron en orden de importancia los balances nutrimentales de 100-50-50 y 100-50-100 de NPK quienes fueron estadísticamente iguales, registrando al final de la evaluación un A de 2.47 cm (Cuadro 29 y Figura 28).

El testigo comercial Triple 20, se comportó como el testigo sin fertilizante (T0) registrando al final de la evaluación un DP de 1.74 cm existiendo una diferencia entre ambos del 7%.

Cuadro 29. Incremento de Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose en la aclimatación en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.23	2.30	1.07
1(100-50-50)	1.91	3.42	1.51
2(100-50-100)	2.02	3.16	1.14
3(50-50-100)	1.61	4.62	3.01
(17-17-17)	2.58	4.28	1.7
(20-20-20)	1.60	2.47	0.87

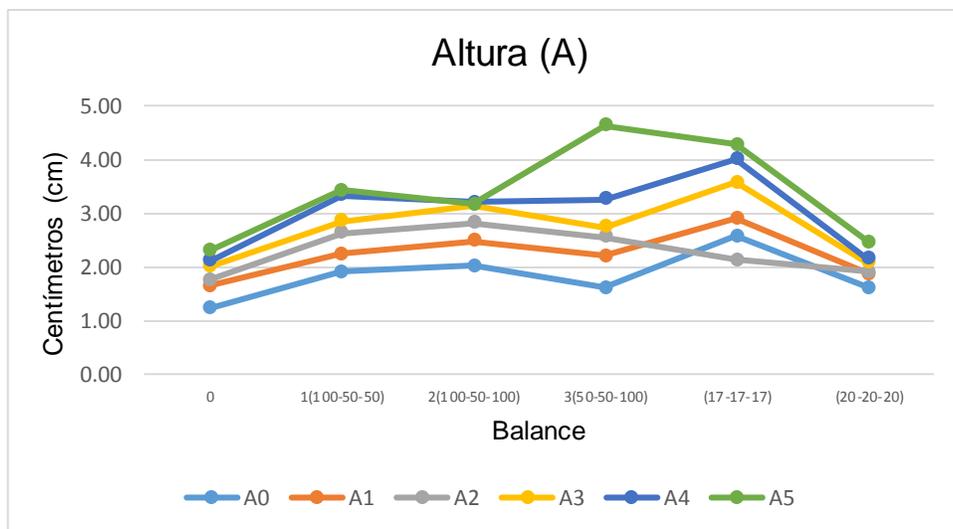
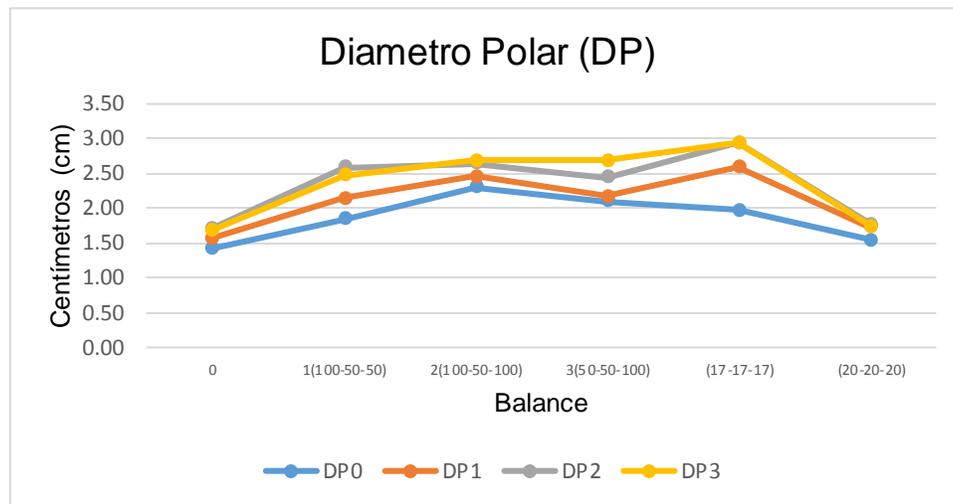
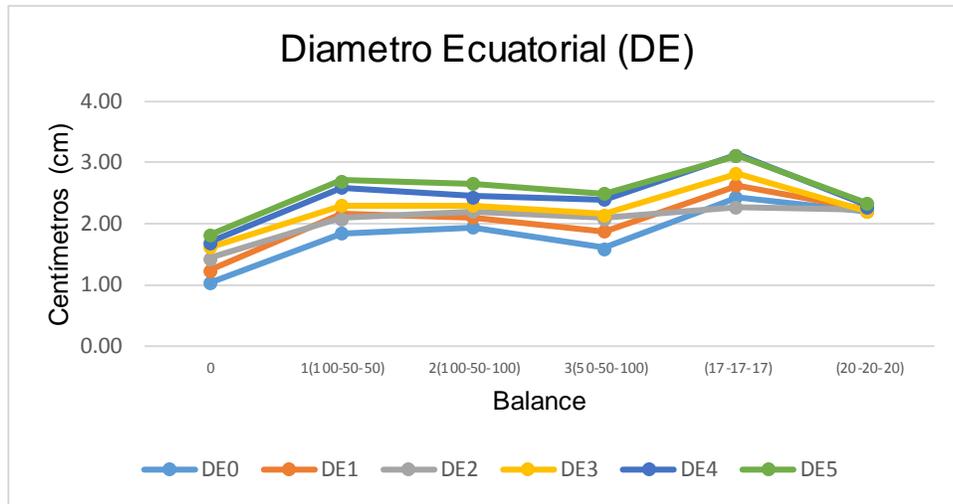


Figura 28. Efecto del balance nutricional de NPK en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.

Efecto entre Tratamientos

Al realizar una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.01$) considerando la interacción de la concentración y balance nutrimental encontramos que al final de la evaluación el mejor tratamiento que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas de biznaga blanca chilota (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Werber ex Britt. & Rose) fueron los tratamientos con la interacción de 400 y 800 ppm de NPK con el mismo balance nutrimental de 50-50-100. Las plantas que se hicieron crecer con 400 ppm de NPK y el balance nutrimental de 50-50-100 registraron mayor altura ($A = 7.94$ cm) superando al resto de los tratamientos evaluados con un DE de 3.00 cm y un DP de 3.60 cm; mientras que las plantas que se hicieron crecer con 800 ppm de NPK y el balance nutrimental de 50-50-100 registraron altura menor ($A = 4.35$ cm) pero con un DE (3.52 cm) y DP (3.29 cm) semejante a las plantas del tratamiento anterior. Ambos tratamientos referidos fueron los que tuvieron mejor calidad comercial, triplicando en altura y duplicando en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante, siendo plantas que se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de alto) disminuyendo su ciclo de producción en invernadero.

El crecimiento de las plantas con la concentración de 400 ppm y 800 ppm de NPK (50-50-100) superaron los testigos comerciales Triple 20 y Triple 17 los cuales registraron menor altura y diámetro (DE y DP) de las plantas, por lo que los productores tienen que considerar otras opciones de fertilización para mejorar su esquema producción (Cuadro 30 y Figuras 29, 30 y 31).

Cuadro 30. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C Werber ex Britt. & Rose. en la aclimatación en invernadero.

Trat	Concentración	Dosis NPK	DE* (cm)		DP* (cm)		A* (cm)	
0			1.82	d	1.68	d	2.30	A
1	(100 ppm)	100-50-50	2.86	bc	2.64	bc	3.63	bc
2	(100 ppm)	100-50-100	2.17	cd	2.64	cd	3.03	cd
3	(100 ppm)	50-50-100	1.92	d	2.05	cd	3.13	cd
4	(200 ppm)	100-50-50	2.25	cd	2.45	cd	3.15	cd
5	(200 ppm)	100-50-100	2.29	cd	2.55	cd	3.28	cd
6	(200 ppm)	50-50-100	1.87	d	1.78	d	3.08	cd
7	(400 ppm)	100-50-50	2.70	bc	2.04	cd	3.60	bc
8	(400 ppm)	100-50-100	2.73	bc	2.53	bc	3.58	bc
9	(400 ppm)	50-50-100	2.68	bc	3.60	a	7.94	a
10	(800 ppm)	100-50-50	3.00	ab	2.76	bc	3.30	a
11	(800 ppm)	100-50-100	3.45	a	3.55	ab	2.78	a
12	(800 ppm)	50-50-100	3.52	a	3.29	ab	4.35	ab
13	Triple 17	17-17-17	3.11	ab	2.94	bc	4.28	ab
14	Triple 20	20-20-20	2.33	cd	1.73	d	2.47	d

Fuente: DE.- Diámetro ecuatorial final; DP.- Diámetro polar final; A.- Altura final.

* Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

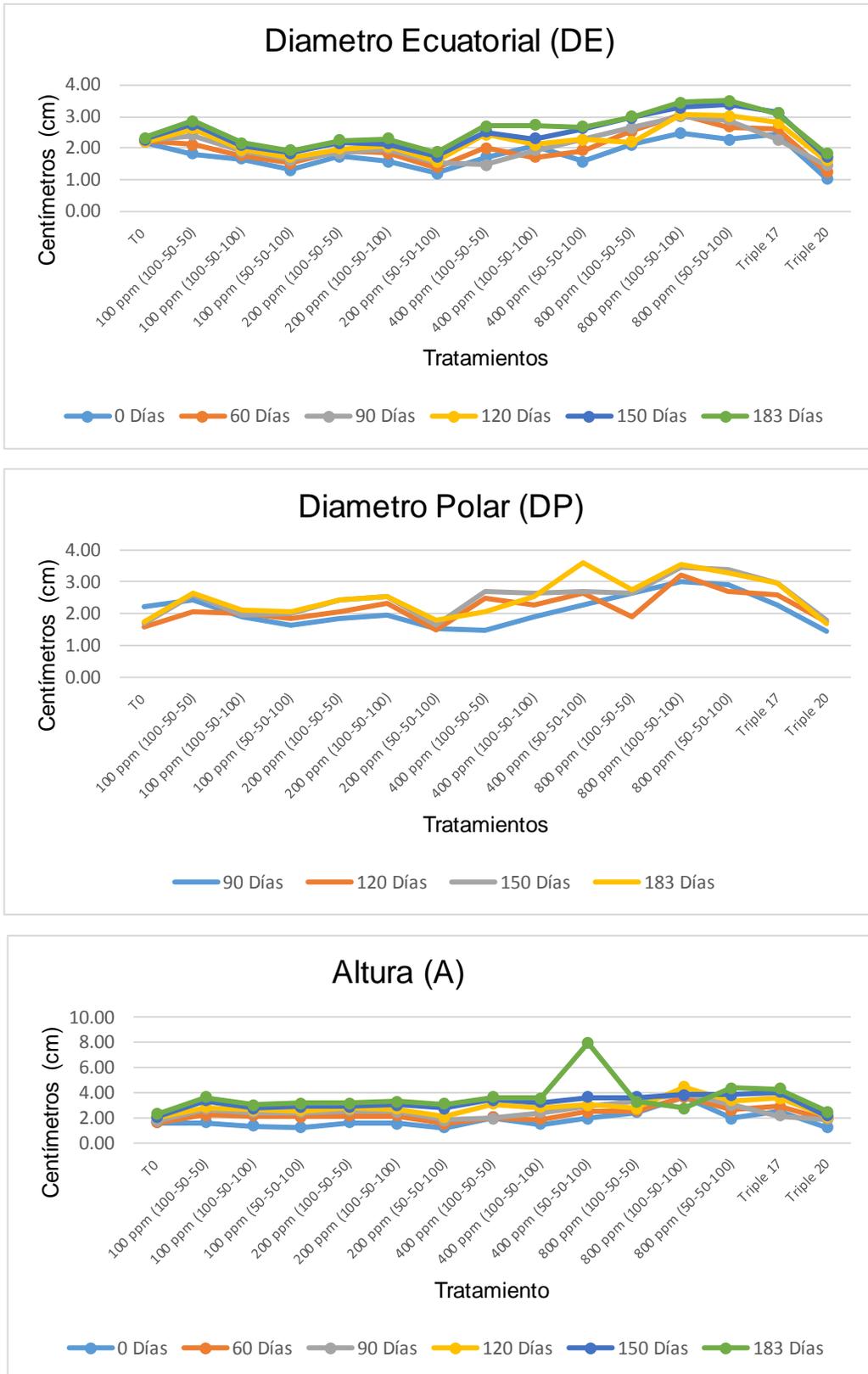


Figura 29. Efecto de los tratamientos en las plantas de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.



Figura 30. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.



Figura 31. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose) durante la aclimatación en invernadero.

***Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass**

Efecto entre concentraciones

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo la concentración de 200 ppm de NPK la que superó al resto de las concentraciones. Al final de la evaluación la concentración del testigo comercial Triple 20 superó al resto de las concentraciones evaluadas presentando un DE de 3.99 cm existiendo una diferencia de 1.09 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 2.9 % el diámetro de las plantas.

En orden de importancia le siguieron las concentraciones de 100 ppm, 200ppm y 800 ppm de NPK junto con el testigo comercial Triple 17 los que fueron estadísticamente iguales registrando un DE no mayor a 3.69 cm existiendo una diferencia de 1.09 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 29 % el diámetro de las plantas (Cuadro 31 y Figura 32).

Cuadro 31. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de las concentraciones de NPK en la especie biznaga como invertido de viereck *Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glas en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	1.73	3.99	2.26
17 (T. Comercial)	1.96	3.63	1.67
800	1.82	3.69	1.87
400	1.95	3.52	1.57
200	1.96	3.69	1.73
100	2.07	3.66	1.59
T0	1.50	2.60	1.1

Diámetro Polar (DP). Entre las concentraciones evaluadas existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación siendo la concentración de 200 ppm de NPK la que superó al resto de las concentraciones evaluadas. Al final de la evaluación la concentración del testigo comercial Triple 17 superó al resto de las concentraciones evaluadas registrando un DP de 4.11 cm existiendo una diferencia de 1.46 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 35.5 % el diámetro de las plantas.

En orden de importancia le siguió la concentración de 200 ppm, 400 ppm 800 ppm de NPK registrando un DP de 4.09 cm existiendo una diferencia de 1.44 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 35 % el diámetro de las plantas.

La menor respuesta se obtuvo con el testigo comercial Triple 20 registrando un DP no mayor a 3.87 cm existiendo una diferencia de 1.22 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 31 % el diámetro de las plantas (Cuadro 32 y Figura 32).

Cuadro 32. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de las concentraciones de NPK en la especie biznaga como invertido de viereck *Turbinicus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	DP0 (cm)	DP5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	3.07	3.87	0.8
17 (T. Comercial)	3.15	4.11	0.96
800	3.22	4.06	0.84
400	3.28	4.00	0.72
200	3.18	4.09	0.91
100	3.14	3.78	0.64
T0	1.86	2.65	0.79

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre tratamientos a partir de los 60 días de evaluación, siendo el testigo comercial Triple 17 superando en altura al resto de las concentraciones evaluadas registrando un A de 9.07 cm existiendo una diferencia 4.64 cm con respecto al testigo sin fertilizante aumentando un 51% su tamaño.

La concentración 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 800 ppm de NPK tuvieron la misma respuesta siendo iguales estadísticamente registrando una altura de 5.68 cm existiendo una diferencia 1.25 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 22 % su tamaño. El testigo comercial Triple 20 presentó la menor respuesta registrando una altura de 5.01 cm existiendo una diferencia 0.58 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 11.5 % su tamaño (Cuadro 33 y Figura 32).

Cuadro 33. Incremento de la Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK biznaga como invertido de viereck *Turbinicus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.

CON (ppm)	A0 (cm)	A5 (cm)	INC (cm)
20 (T. Comercial)	3.50	5.01	1.51
17 (T. Comercial)	2.98	9.07	6.09
800	3.46	5.61	2.15
400	2.87	5.43	2.56
200	3.35	5.68	2.33
100	2.88	5.58	2.70
T0	1.69	4.43	2.64

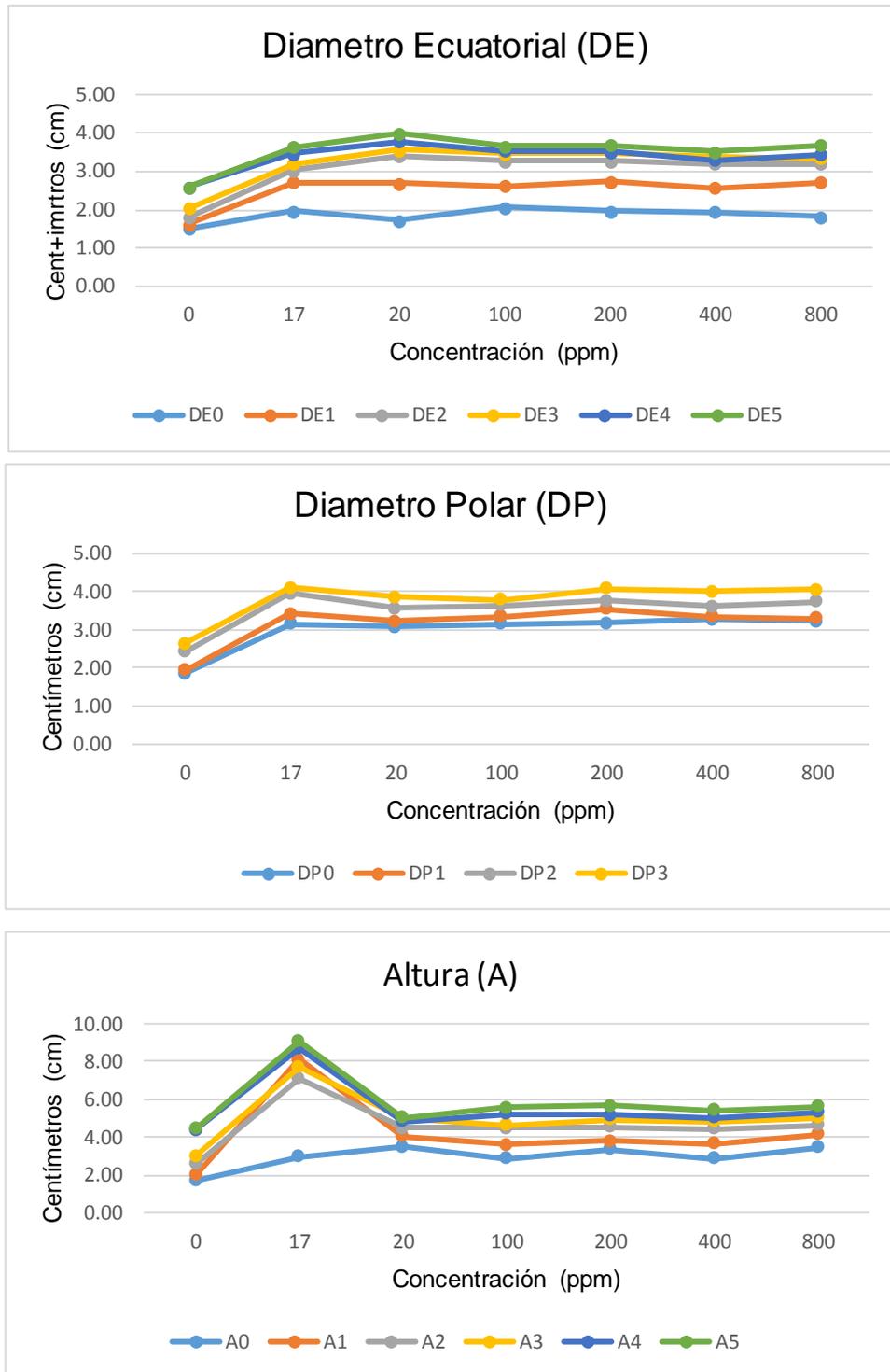


Figura 31. Efecto de la concentración NPK en Diámetro ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga como invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.

Efecto entre balance nutrimental

Diámetro Ecuatorial (DE). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación, siendo el balance nutrimental de 100-50-50 el que superó al resto de los tratamientos evaluados. Al final de la evaluación el balance nutrimental del testigo comercial Triple 20, superó al resto de los balances evaluados, registrando un DE de 4.00 cm existiendo una diferencia 1.40 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 30 % el diámetro de las plantas.

Los balances nutrimentales 100-50-50 y 50-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando un DE de 3.70 cm existiendo una diferencia 1.10 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 30 % el diámetro de las plantas.

La menor respuesta se obtuvo con el balance 100-50-100 de NPK y testigo comercial Triple 17 los cuales fueron estadísticamente iguales registrando un DE no mayor a 3.54 cm existiendo una diferencia 0.94 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 26 % el diámetro de las plantas (Cuadro 34 y Figura 32).

Cuadro 34. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga como invertido de viereck *Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.

Balace	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.50	2.60	1.1
1(100-50-50)	2.00	3.68	1.68
2(100-50-100)	1.91	3.54	1.63
3(50-50-100)	1.95	3.70	1.75
(17-17-17)	1.97	3.63	1.66
(20-20-20)	1.73	4.00	2.27

Diámetro Polar (DP). Entre los balances nutrimentales existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), desde los 60 días de evaluación, siendo el balance nutrimental de 100-50-50 el que supero al resto de los balances evaluados.

Al final de la evaluación el balance nutricional el testigo comercial Triple 17, superó al resto de los balances evaluados, registrando un DP de 4.11 cm existiendo una diferencia 1.47 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 36 % el diámetro de las plantas.

Los balances nutrimentales 100-50-50 y 50-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando un DP no mayor de 4.07 cm existiendo una diferencia 1.39 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 34 % el diámetro de las plantas.

La menor respuesta se obtuvo con el balance 100-50-100 de NPK y testigo comercial Triple 20 los cuales fueron estadísticamente iguales registrando un DP no mayor a 3.88 cm existiendo una diferencia 1.23 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 32 % el diámetro de las plantas (Cuadro 35 y Figura 32).

Cuadro 35. Incremento del Diámetro Polar (DP) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga como invertido de viereck *Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R.A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.86	2.65	0.79
1(100-50-50)	3.40	4.07	0.67
2(100-50-100)	3.12	3.88	0.76
3(50-50-100)	3.12	4.00	0.88
(17-17-17)	3.16	4.12	0.96
(20-20-20)	3.07	3.87	0.8

Altura (A). Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), entre balances nutrimentales a partir de los 90 días de evaluación, siendo el testigo comercial Triple 17 el que superó al resto de los balances evaluados, hasta el final de la evaluación, registrando un A de 9.07 cm. Con este balance nutricional la altura de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante de 4.64 cm, aumentando en 51% su tamaño.

Le siguieron en orden de importancia los balances nutrimentales de 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando al final de la evaluación un A no mayor a 5.68 cm existiendo una diferencia de 1.25 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 22 % la altura de las plantas.

La menor respuesta se obtuvo con el testigo comercial Triple 20 (20-20-20 ppm) registrando al final de la evaluación un A de 5.01 cm existiendo una diferencia de 0.58 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando en 12 % la altura de las plantas (Cuadro 36 y Figura 32).

Cuadro 36. Incremento de la Altura (A) por efecto de los balances nutrimentales en la biznaga cono invertido de viereck *Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.

Balance	DE0 (cm)	DE5 (cm)	INC (cm)
T0	1.69	4.43	2.74
1(100-50-50)	3.27	5.68	2.41
2(100-50-100)	2.91	5.41	2.5
3(50-50-100)	3.24	5.63	3.39
(17-17-17)	2.98	9.07	6.09
(20-20-20)	3.50	5.01	1.51

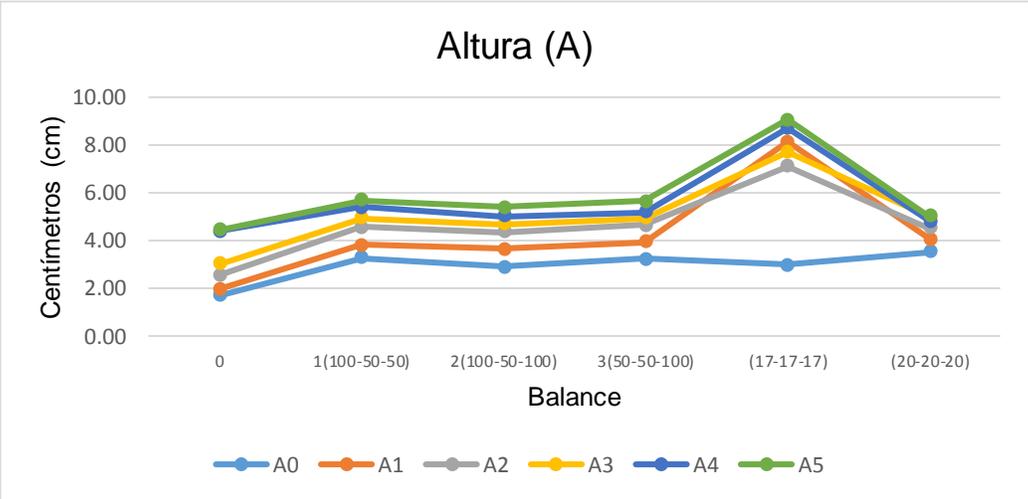
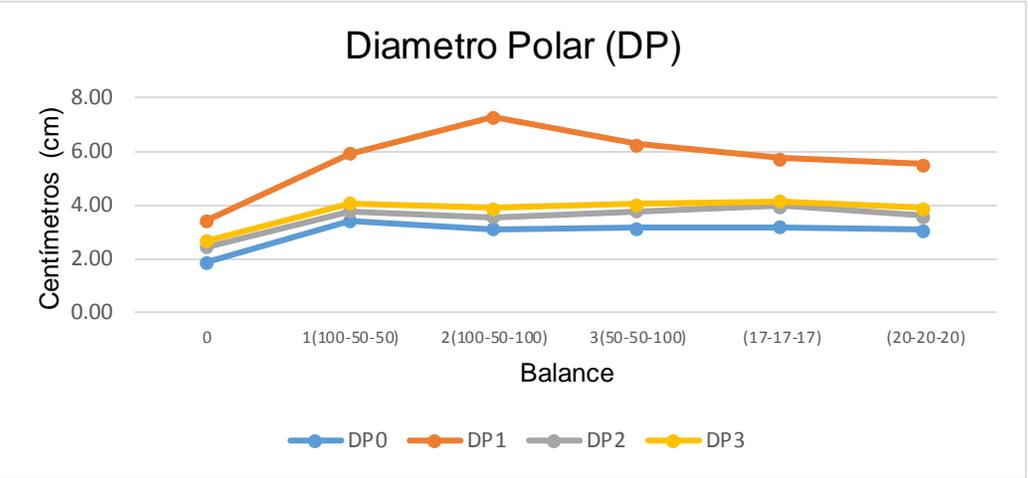
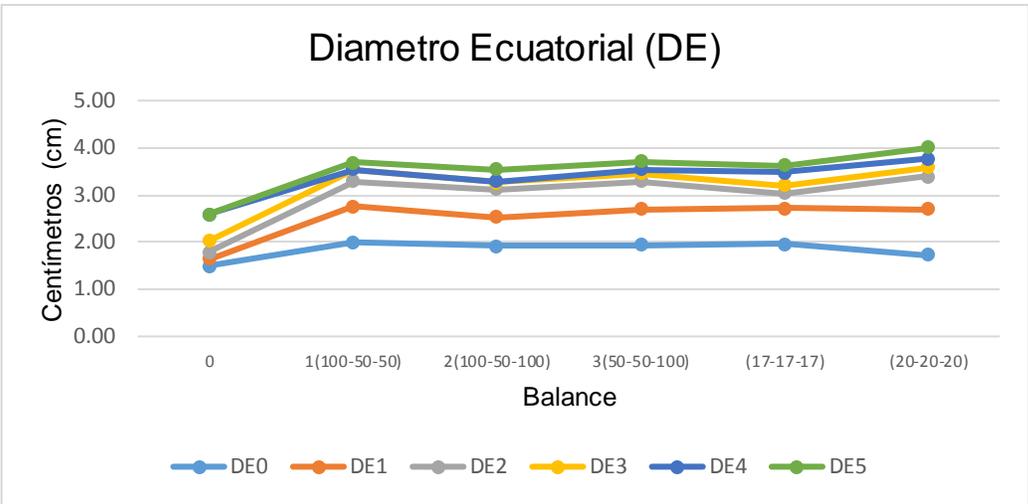


Figura 32. Efecto del balance nutricional en Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) de la biznaga como invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glas) durante la aclimatación en invernadero.

Efecto entre Tratamientos

Al realizar una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.01$) considerando la interacción de la concentración y balance nutrimental encontramos que al final de la evaluación el mejor tratamiento que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas de biznaga de cono invertido de viereck (*Turbinicarpus vierecki* subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) fue el testigo comercial Triple 17. Las plantas que se hicieron crecer con testigo comercial registraron mayor altura ($A= 9.07$) superando al resto de los tratamientos evaluados con un DE de 3.63 cm y un DP 4.11 cm; mientras las plantas que se hicieron que crecieron con 100 ppm con un balance nutrimental 100-50-50 registrando una menor altura (6.05 cm) pero presentando un DE (3.81 cm) y un DP (4.03 cm) semejante a las plantas del tratamiento anterior. Ambos tratamientos referidos fueron las que tuvieron mejor calidad comercial, triplicando en altura y duplicando en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante, siendo plantas que se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas (6.5 cm de ancho y 5.6 cm de alto) disminuyendo su ciclo de producción en invernadero.

El crecimiento de las plantas con la concentración de 100 ppm de NPK (100-50-50) superaron a uno de los testigos comerciales Triple 20 este último registró menor altura y diámetro (DE y DP) de las plantas, por lo que los productores tienen que considerar otras opciones de fertilización para mejorar su esquema producción (Cuadro 37 y Figuras 33, 34 y 35).

Cuadro 37. Efecto de los tratamientos en altura y diámetros de la especie biznaga como invertido de viereck *Turbinicarpus viereckii* subsp. mayor (Glass & R. A. Foster) Glass en la aclimatación en invernadero.

Trat	Concentración	Dosis NPK	DE* (cm)		DP* (cm)		A* (cm)	
0			2.60	b	2.65	b	4.43	d
1	(100 ppm)	100-50-50	3.81	a	4.03	a	6.05	ab
2	(100 ppm)	100-50-100	3.50	ab	3.63	ab	5.23	cd
3	(100 ppm)	50-50-100	3.6	ab	3.68	ab	5.48	cd
4	(200 ppm)	100-50-50	3.8	a	4.15	a	5.73	bc
5	(200 ppm)	100-50-100	3.70	ab	4.04	a	5.68	bc
6	(200 ppm)	50-50-100	3.52	ab	4.07	a	5.63	bc
7	(400 ppm)	100-50-50	3.45	ab	4.08	a	5.44	cd
8	(400 ppm)	100-50-100	3.43	ab	3.78	ab	5.19	cd
9	(400 ppm)	50-50-100	3.68	ab	4.16	a	5.65	bc
10	(800 ppm)	100-50-50	3.60	ab	4.00	a	5.50	cd
11	(800 ppm)	100-50-100	3.53	ab	4.08	a	5.56	cd
12	(800 ppm)	50-50-100	3.93	a	4.10	a	5.76	bc
13	Triple 17	17-17-17	3.63	ab	4.11	a	9.07	a
14	Triple 20	20-20-20	3.99	a	3.87	ab	5.01	cd

Fuente: DE.- Diámetro ecuatorial final; DP.- Diámetro polar final A.- Altura final.

* Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

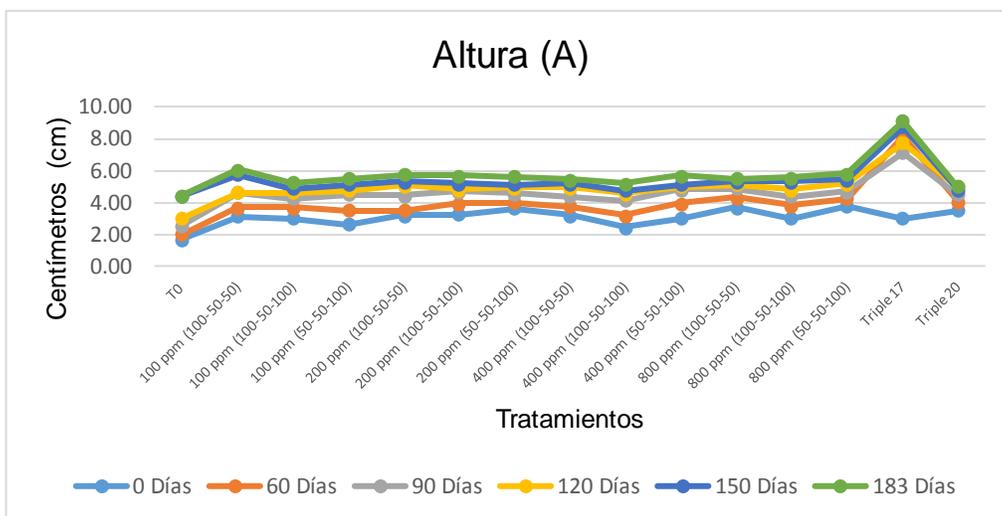
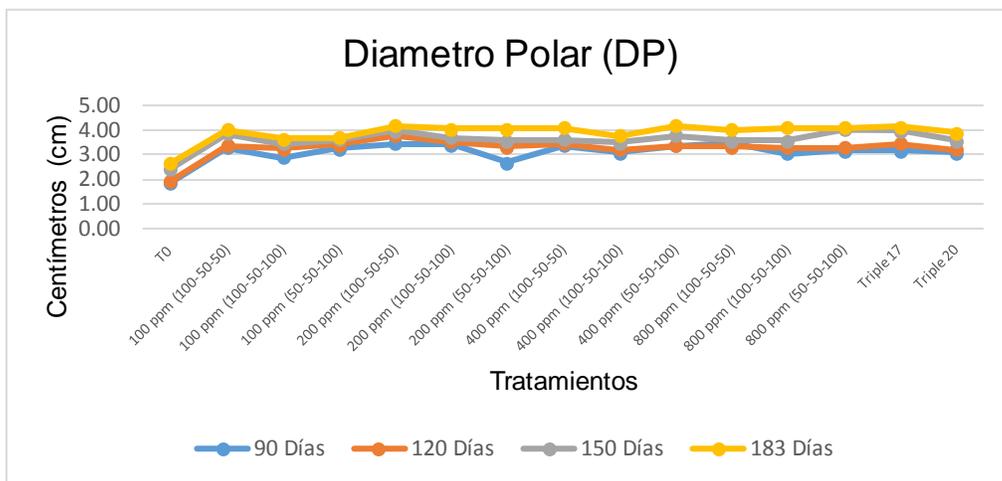
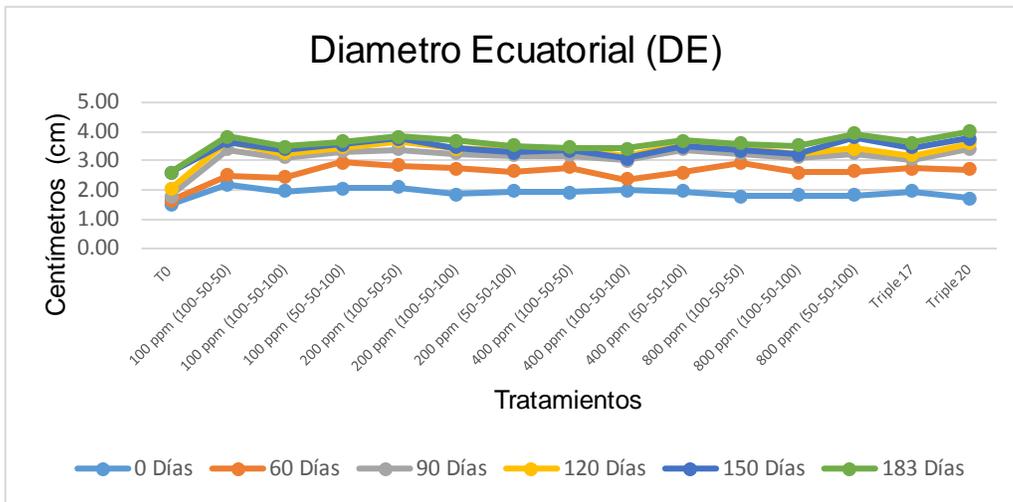


Figura 33. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga cono invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.

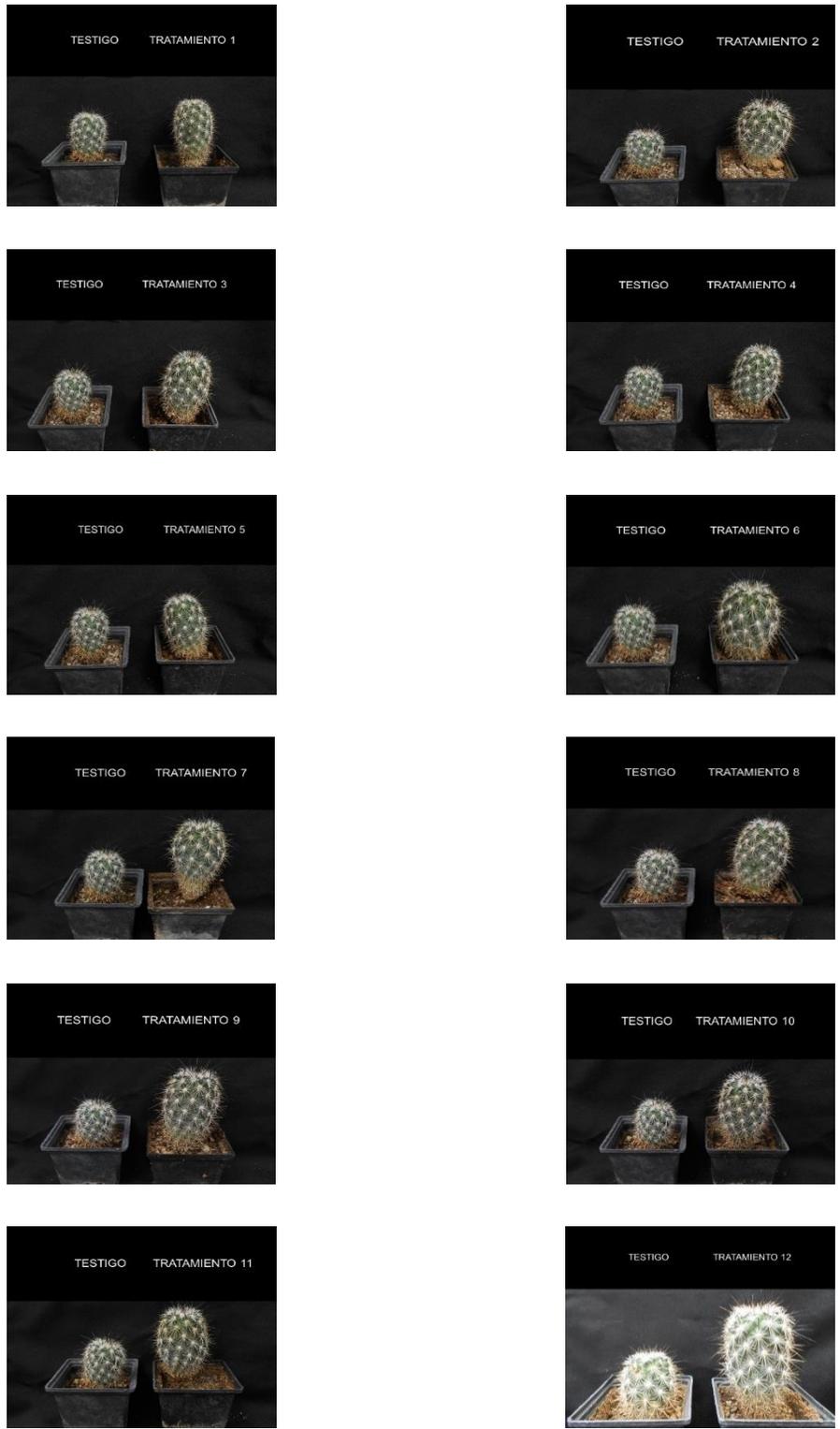


Figura 34. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga como invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.



Figura 35. Efecto de los tratamientos en diámetro y altura de las plantas de la biznaga como invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass) durante la aclimatación en invernadero.

DISCUSIÓN

En especies ornamentales el uso de concentraciones de NPK aplicados en la fertilización han sido evaluados en varias especies como noche buena (*Euphorbia pulcherrima*) donde Ballinas (2014), encontró que las concentraciones de 400 ppm y 800 ppm de NPK son sobresalientes por encima del testigo incrementando el diámetro y largo de brotes, así como número de brácteas en este tipo de plantas. Este mismo efecto también se encontró en la biznaga algodóncillo de estropajo (*Astrophytum. capricorne*) y en la biznaga bonete de obispo (*Astrophytum. myriostigna*) ambas especies de cactáceas son del mismo género y los resultados mostraron que con una concentración de 800 ppm de NPK en la fertilización se favorece el crecimiento en diámetro y altura de estas plantas.

En el caso de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris*) las concentraciones de 400 ppm y 800 ppm de NPK promovieron el desarrollo de las plantas, estas mismas concentraciones fueron usadas en la fertilización de kalanchoe y geranio en donde estas concentraciones favorecieron la variable diámetro del tallo y altura de la planta como lo refiere Acevedo, (2002).

La biznaga plumosa (*Mammillaria. plumosa*) la concentración de 400 ppm de NPK fue la que resultó significativa en el crecimiento de esta especie, en el caso del geranio con esta misma concentración de fertilizante se observaron mejores resultados para el diámetro foliar y ancho de la hoja (Acevedo, 2002).

En la biznaga como invertido de viereck (*Turbinicarpus viereckii* subsp. major) se obtuvo que aplicar el testigo comercial Triple 17 se obtienen plantas con una altura

de 9.07 cm con un diámetro ecuatorial de 3.63 cm y un diámetro polar de 4.11 cm. Este tratamiento comercial, triplicó en altura y duplicó en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante. Con la concentración de 100 ppm de NPK también se obtiene una respuesta positiva en diámetro y altura de estas plantas. Este mismo efecto lo encontró Rosas (2008) al trabajar con en una variedad de rosa de corte en donde obtuvo que la concentración de 100 ppm de NPK en la fertilización promueve el diámetro de vara, longitud de vara y hoja favorable superando al testigo.

CONCLUSIÓN

La fertilización en cactáceas es necesaria para promover el crecimiento en plantas producidas por semilla y en plántulas producidas *in vitro* aclimatadas en invernadero.

La fertilización en las cactáceas produjo un efecto significativo en el diámetro y altura de las plantas en comparación con el testigo sin fertilizante (T0) al que únicamente se le aplicó agua.

La concentración y balance nutrimental NPK para la fertilización en cactáceas depende de la especie.

En plantas producidas por semilla como la biznaga algodóncillo de estropajo (*Astrophytum capricorne*) se requiere de una fertilización con una concentración de 800 ppm de NPK y un balance nutrimental de 100-50-100 obteniendo plantas con calidad comercial de altura mayor a 6.61 cm, con un DE de 2.93 cm y DP de 2.00 cm registrando una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante del 59 %.

En plantas de la biznaga plumosa (*Mammillaria plumosa*) se requiere de una fertilización con una concentración de 100 o 400 ppm de NPK, ambas se pueden aplicar con el balance nutrimental de 100-50-50 de NPK, para obtener plantas con una A de 5.05 cm y con un DE mayor a 5.47 cm y un DP de 4.16 cm. Ambos tratamientos triplicaron en altura y duplicaron en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante.

En plantas producidas *in vitro* aclimatadas en invernadero como el bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma*) requiere de una concentración de fertilizante de 800

ppm de NPK con el balance nutrimental de 100-50-50, obteniendo plantas con calidad comercial con altura de 6.12 cm y DE de 3.46 cm, registrando una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante del 66 % en altura y del 18 % en DE.

Con la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris*) se requiere de una concentración de fertilizante de 400 y 800 ppm de NPK aplicando el mismo balance nutrimental de 50-50-100 de NPK obteniendo plantas de tamaño y calidad comercial con una A de 7.94 cm con un DE de 3.00 cm y un DP de 3.60 cm duplicando al testigo.

Con la biznaga cono invertido de viereck (*Turbincarpus viereckii* subsp. *major*) se requiere aplicar el testigo comercial Triple 17 obteniendo plantas con una A de 9.07 cm con un DE de 3.63 cm y un DP de 4.11 cm. Este fertilizante comercial, triplicó en altura y duplicó en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante. También se puede aplicar una fertilización con una concentración de 100 ppm de NPK con un balance nutrimental de 100-50-50 obteniendo un efecto un poco menor.

Todas las especies llegaron a su tamaño comercial de 3 a 4 cm de altura aproximadamente en maceta de 2.5 pulgadas y logrando que su ciclo de producción en invernadero sea en corto tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 p.
- Alanís F., G. J. y C. G. Velazco M. 2008. Importancia de las Cactáceas como Recurso Natural en el Noroeste de México. Ciencia UANL. Volumen XI, Núm. 001. 5-11 p.
- Alanís F., G. J.; C. Velazco M.; L. Ramírez F. y R. Amezcua L. 2001. Saqueo y Trafico de Cactáceas un Detrimiento Patrimonial de Recursos Naturales. 3^{er} Taller Regional de Cactáceas del Noroeste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. 92 p.
- Alarcón V., A. L. 2001. El Boro como un Nutriente Esencial., Copyright Ediciones de Horticultura. S. L. 11 p.
- Arredondo G., A. 2002. Propagación y Mantenimiento de las Cactáceas. Folleto Técnico Núm. 21. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, S.L.P., México, 37 p.
- Arroyo-Cosulchi, G.; D. Cárdenas R.; M. Martínez-Ramos y S. Hernández, A. 2014. Desaparición de una Población de *Ariocarpus retusus* Scheidw por la Destrucción de su Hábitat en Maquihuana, Tamaulipas, México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Volumen 59, No. 2: 52-63 p.
- Bauer E., G. W. y R. Hernández V. 2004. Las Cactáceas de Coahuila. Editorial Instituto Coahuilense de Ecología. Saltillo, Coahuila. 104 p.

- 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 p.
- Becerra, R. 2000. Las Cactáceas, Plantas Amenazadas por su Belleza. CONABIO. Biodiversistas 32:1-5 p.
- Bravo H., H.; L. Secheivar. 1999. El interesante Mundo de las Cactáceas. 2^{da} Edición. Fondo de Cultura Económica. México. 233 p.
- Bravo-Holis, H. y Sánchez-Mejorada H. 1978. Las Cactáceas de México. Volumen I. Segunda Edición. Universidad Autónoma de México. México. 743 p.
- Bravo S., J. A. 2014. Evaluación de Fertilización Orgánica e Inorgánica (*Lycopersicon esculentum Mill*) a Campo Abierto. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 88 p.
- 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 p.
- 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.
- Casas, A., 2002. Uso y Manejo de las Cactáceas Columnares. CONABIO. Biodiversistas 40. 18-23 p.
- Cortés V., C. M.; J. C. Sánchez P. y M. Alvarado R. 2008. Establecimiento de un Sistema de Microporopagación de *Peniosereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose Especia Cactácea en Peligro de Extinción. Revista Científica. Vol. 4, No. 27 p.
- Ceroni S., A. H. y V. Castro C. 2013. Manual de Cactus Identificación y Origen. Primera Edición. Ministerio del Ambiente. San Isidro Lima, Perú. 26 p.
- Espinosa R., P. y L. M. Espinosa M. 2005. Hidroponía Rustica. Sistema de Agronegocios de Traspatio. 12 p.
- Favela C., E.; P. Preciado R. y A. Benavides M., 2006. Manuel de Preparación de Soluciones Nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila. 148 p.
- Flores P., S. 2009. Soluciones Nutritivas en la Producción de Injertos en Cactáceas. Tesis de Maestra en Ciencias. Colegio de Posgrados. Montecillo, Texcoco, Edo. México. 188 p.
- 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 p.
- Gibson A.C. y S Nobel P. 1986. The Cactus Primer. Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts. 286 p
- González V., G. G. 2010. Distribución de Cactáceas y Suculentas en el Municipio de Ramos, Arizpe, Coahuila, México. Tesis Agrónomo Zootecnista. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 116 p.
- Guzmán, U.; S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM. CONABIO. ISBN 970-9000-20-9. México, D. F. 315 p.
- Hernández, M. H. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana 26:33–52.
- Hunt, D. 2006. The New Cactus Lexicon. Descriptions & Illustrations of The Cactus Family. Compiles and edited by members or the International Cactaceae Systematic Group. England Editorial. 373 p.
- Islas L., V. H. 2008. Crecimiento de Plántulas de Biznaga (*Equinocactus grusonii Hilmann*) con Diferentes Sustratos y Soluciones Nutritivas. Tesis en Ingeniero en Manejo de Recursos Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo. 60 p.
- Jiménez S., C. L. 2011. Las Cactáceas Mexicanas y los Riesgos que Enfrentan. Revista Digital Universitaria. Vol. 12, No. 1. 23 p.
- Lara, H.A. 1999. Manejo de la Solución Nutritiva en la Producción de Tomate en la Hidroponía. Terra Latinoamericana. vol.17. núm.3 221-229 p.

- 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 p.
- Moo C., A. F. 2004. Inventario y Distribución de las Cactáceas de Tres Municipios del Sureste de Coahuila México. Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 131 p.
- Montaño, M. C.; F. Vega V. y H. Nolasco S. 1993. Aspectos ecológicos y económicos de las cactáceas mexicanas. *Cact. Suc. Mex.* XXXVIII. No. 4 pp 89-92.
- Mortvedt J., J. y M. Giordano P. 1983. Micronutrientes en la Agricultura. AGT. Editorial S.A. México. 741 p.
- Neitzke R., S.; T. Jaksch; F. Kohlrausch & Röber, R. 2013. Response of various cultivars of ornamental peppers to different fertilization regimes. *Acta Horticulturae* 1000: 313-318.
- Newland, C., K. S. Ives, G. E. Joseph, M. Mittleman, R. E. Foster; C. Scannell; W. R. Feldman; F. S. Crosswhite and C. Hansen. 1980. Propagation techniques for desert plants. *Desert Plants*. Vol. 2 (4): 205-217.
- Nobel, S.P. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Editorial Trillas. México 200 p.
- Olmos S., G.; Luciani y E. Galdeano. 2010. Micropropagación. Biotecnología y Mejoramiento. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Edición Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 648 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. 83 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.
- Ortega E., A.; E. Malavolta. 2012. Los más Reciente Micronutrientes Vegetales. CENA. Piracicaba, Brasil. 10p.
- 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 p.
- Reyes A., A. 2008. Eficiencia de Fertilización en Partes por Millón (ppm), en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill var. *Ceraciforme*). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
- Reyes S., J. 2007. Manual Práctico Conservación y Restauración de Cactáceas y Otras Plantas Suculentas Mexicanas, Comisión Nacional Forestal., Zapopan, Jalisco, México. 110 p.
- Rueda-Luna, R.; J. Reyes-Matamoros; M. del 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*. Vol. 41 N° 4:260-265
- Rodríguez L., J. I. 2010. Evaluación de soluciones nutritivas en la aclimatización de vitroplantas de *Mammillaria carmenae* y *Mammillaria plumosa*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo Coahuila, México 70 p.
- 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 p.
- 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 p.
- 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. 112 p.
- Salas, R.; H. Soto y E. Molino. 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 p.
- SAS Institute Inc. 2006. SAS/IML User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary NC. 856 p.

- Señoret C., F. y P. Acosta, J. 2013. Cactáceas Endémicas de Chile. Guía de Campo. Ed. Corporación Chilena de la Madera. Concepción, Chile. 250 p.
- Sosa M., E.; A. Cordero A. y S. Sosa E. 2002. Estudio Físico y Químico de Dos Sustratos Destinados al Cultivo de Cactáceas. 3^{er} Taller Regional de Cactáceas del Noroeste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. 92 p.
- Villavicencio G., E. E.; A. Arredondo G.; M. A. Carranza P.; O. Mares A.; S. Comparan S.; 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 p.
- Villavicencio G., E. E.; A. González C.; M. A. Carranza P. A. Arredondo G. 2012. Micropropagación y producción de *Epithelantha micromeris* Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose cactácea ornamental del desierto Chihuahuense. Folleto Técnico No.51 MX-0-310602-36-03-15-09-51. ISBN: 978-607-425-923-0. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP Coahuila, México. 36 p.
- Villavicencio G., E. E.; A. Gonzales C.; 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. pp 83-102.

Anexo1

Astrophytum capricorne (A.Dietr.) Britt. & Rose (Biznaga algodóncillo de estropajo)

DE (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DE0	0.53	26.10	17.08	**
DE1	0.63	22.12	20.09	***
DE2	0.61	21.63	22.34	***
DE3	0.58	23.43	23.79	***
DE4	0.55	25.07	26.22	***
DE5	0.56	25.15	27.09	***

DP (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DP0	0.63	2.04	1.99	***
DP1	0.62	1.97	2.15	***
DP2	0.55	2.25	2.26	***
DP3	0.59	2.17	2.30	***

A (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
A0	0.56	2.29	1.65	***
A1	0.53	1.85	2.06	**
A2	0.50	2.02	2.25	**
A3	0.48	1.99	2.49	**
A4	0.45	2.09	2.74	**
A5	0.26	9.14	3.22	**

Anexo 2

Astrophytum capricorne (A.Dietr.) Britt. & Rose (Biznaga algodoncillo de estropajo).

Variable	r ²	C.V.	Media	Mínima	Máxima
DE0	0.53	2.61	1.70	2.78	3.15
A0	0.56	2.29	1.65	0.60	2.80
DE1	0.63	2.21	2.00	8.38	3.81
A1	0.53	1.85	2.06	0.70	3.50
DE2	0.61	2.16	2.23	1.06	4.31
DP2	0.63	2.04	1.99	9.08	3.19
A2	0.50	2.02	2.25	0.90	4.00
DE3	0.58	2.34	2.37	1.08	4.39
DP3	0.62	1.97	2.15	9.88	3.38
A3	0.48	19.9	2.49	1.00	4.30
DE4	0.55	2.50	2.62	1.11	4.80
DP4	0.55	2.25	2.26	1.01	3.72
A4	0.45	2.09	2.74	1.50	4.80
DE5	0.56	2.51	27.09	1.16	4.95
DP5	0.59	2.17	2.30	1.05	3.73
A5	0.26	9.14	3.22	1.70	3.10

Anexo 3

Astrophytum myriostigma Lem. (Bonete de obispo)

DE (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DE0	0.62	3.14	1.33	**
DE1	0.60	3.19	1.53	**
DE2	0.62	3.12	1.71	**
DE3	0.55	2.95	2.08	**
DE4	0.58	2.10	2.86	**
DE5	0.61	2.14	3.14	**

A (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
A0	0.74	1.48	2.72	***
A1	0.71	1.93	3.33	***
A2	0.67	2.06	3.60	**
A3	0.63	1.85	4.19	**
A4	0.73	1.64	4.49	**
A5	0.79	1.38	4.87	***

Anexo 4
Astrophytum myriostigma Lem. (Bonete de obispo).

Variable	r ²	C.V.	Media	Mínima	Máxima
DE0	0.62	3.14	1.33	5.22	2.37
A0	0.74	1.48	2.72	1.70	4.50
DE1	0.60	3.19	1.53	5.7300	27.33
A1	0.71	1.93	3.33	1.50	5.20
DE2	0.62	3.12	1.71	6.28	3.08
A2	0.67	2.06	3.60	1.20	5.50
DE3	0.55	2.95	2.08	7.59	3.57
A3	0.63	1.85	4.19	1.70	6.00
DE4	0.58	2.10	2.86	1.23	4.30
A4	0.73	1.64	4.49	1.65	6.74
DE5	0.61	2.14	3.14	1.37	5.58
A5	0.79	1.38	4.87	1.98	6.96

Anexo 5

Epithelantha micromeris (Engelm) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose (biznaga blanca chilona).

DE (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DE0	0.69	2.57	1.80	**
DE1	0.67	2.68	2.03	**
DE2	0.76	2.34	2.10	**
DE3	0.74	2.26	2.25	**
DE4	0.61	2.99	2.47	**
DE5	0.60	2.89	2.60	**

DP (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DP0	0.72	2.74	2.02	**
DP1	0.67	2.61	2.23	**
DP2	0.57	2.78	3.22	**
DP3	0.55	3.78	2.56	**

A (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
A0	0.77	2.94	1.85	**
A1	0.71	2.37	2.30	**
A2	0.61	2.96	2.55	**
A3	0.63	2.83	2.88	**
A4	0.57	2.78	3.22	**
A5	0.55	6.26	3.66	**

Anexo 6

Epithelantha micromeris (Engelm) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose (biznaga blanca chilona).

Variable	r ²	C.V.	Media	Mínima	Máxima
DE0	0.69	2.57	1.80	9.36	2.94
A0	0.77	2.94	1.85	0.70	3.80
DE1	0.67	2.68	2.03	9.56	34.35
A1	0.71	2.37	2.30	1.15	3.70
DE2	0.76	2.34	2.10	9.65	3.61
DP2	0.72	2.74	2.02	6.10	33.57
A2	0.61	2.96	2.55	0.50	4.20
DE3	0.74	2.26	2.25	9.89	3.72
DP3	0.67	2.61	2.23	7.29	3.47
A3	0.63	2.83	2.88	0.50	5.10
DE4	0.61	2.99	2.47	1.00	4.11
DP4	0.57	2.78	3.22	7.42	3.95
A4	0.57	2.78	3.22	0.60	5.30
DE5	0.60	2.89	2.60	1.06	4.14
DP5	0.55	3.78	2.56	3.78	5.40
A5	0.55	6.26	3.66	1.67	2.03

Anexo 7

Mammillaria plumosa F.A.C. Weber in Bois (Biznaga plumosa)

DE (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DE0	0.79	1.74	2.69	**
DE1	0.67	2.16	3.38	**
DE2	0.62	2.57	3.99	**
DE3	0.60	2.58	4.36	**
DE4	0.60	2.65	4.41	**
DE5	0.60	2.70	4.65	**

DP (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DP0	0.53	3.28	2.39	**
DP1	0.56	3.34	2.84	**
DP2	0.61	3.34	3.06	**
DP3	0.56	3.68	3.28	**

A (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
A0	0.58	2.76	1.68	**
A1	0.45	3.51	2.39	**
A2	0.47	3.68	2.58	**
A3	0.55	3.68	3.00	**
A4	0.58	3.23	3.14	**
A5	0.51	1.43	4.14	**

Anexo 8

Mammillaria plumosa F.A.C. Weber in Bois (Biznaga plumosa).

Variable	r ²	C.V.	Media	Mínima	Máxima
DE0	0.79	1.74	2.69	1.21	4.19
A0	0.58	2.76	1.68	0.80	3.00
DE1	0.67	2.16	3.38	13.00	5.28
A1	0.45	3.51	2.39	1.00	4.50
DE2	0.62	2.57	3.99	1.81	6.82
DP2	0.53	3.28	2.39	7.75	4.73
A2	0.47	3.68	2.58	1.00	4.70
DE3	0.60	2.58	4.36	2.28	7.50
DP3	0.56	3.34	2.84	1.27	5.26
A3	0.55	3.68	3.00	1.02	6.50
DE4	0.60	2.65	4.41	2.30	7.54
DP4	0.61	3.34	3.06	1.32	6.05
A4	0.58	3.23	3.14	1.20	6.60
DE5	0.60	2.70	4.65	23.54	75.00
DP5	0.56	3.68	3.28	13.68	78.00
A5	0.51	1.43	4.14	1.60	47.87

Anexo 9

Turbinicarpus viereckii subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass, (Biznaga cono invertido de viereck).

DE (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DE0	0.29	2.60	1.92	**
DE1	0.42	2.01	2.65	**
DE2	0.40	1.80	3.20	**
DE3	0.41	1.70	3.38	**
DE4	0.40	1.76	3.46	**
DE5	0.37	1.78	3.64	**

DP (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
DP0	0.40	1.91	3.16	**
DP1	0.43	1.71	3.33	**
DP2	0.36	1.81	3.67	**
DP3	0.36	1.68	3.95	**

A (cm)	r ²	CV	MEDIA	Nivel significancia
A0	0.33	2.90	3.12	**
A1	0.24	8.47	4.06	**
A2	0.25	4.79	4.64	**
A3	0.25	4.46	5.02	**
A4	0.26	4.75	5.39	**
A5	0.26	4.49	5.75	**

Anexo 10

Turbinicarpus viereckii subsp. major (Glass & R. A. Foster) Glass (Biznaga cono invertido de viereck).

Variable	r ²	C.V.	Media	Mínima	Máxima
DE0	0.29	26.04	1.92	9.23	3.83
A0	0.33	2.90	3.12	1.00	5.70
DE1	0.42	2.01	2.65	9.38	4.10
A1	0.24	8.47	4.06	1.35	3.90
DE2	0.40	1.80	3.20	3.70	4.86
DP2	0.40	1.91	3.16	1.47	4.69
A2	0.25	4.79	4.64	1.50	2.62
DE3	0.41	1.70	3.38	4.00	4.90
DP3	0.43	1.71	3.33	1.45	4.98
A3	0.25	4.46	5.02	2.10	2.70
DE4	0.40	1.76	3.46	4.40	4.99
DP4	0.36	1.81	3.67	1.64	5.27
A4	0.26	4.75	5.39	2.30	3.11
DE5	0.37	1.78	3.64	4.80	5.57
DP5	0.36	1.68	3.95	1.70	5.65
A5	0.26	4.49	5.75	2.60	3.15