



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE EDAFOLOGIA

**SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA
PRODUCCIÓN DE INJERTOS EN
CACTÁCEAS**

SANTA FLORES PÉREZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

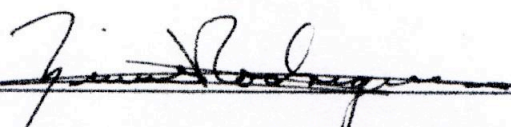
2009

La presente tesis titulada: **SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE INJERTOS EN CACTÁCEA**, realizada por la alumna: Santa Flores Pérez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



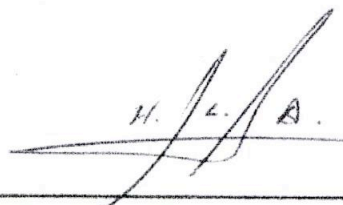
Dra. Ma. de las Nieves Rodríguez Mendoza

ASESOR



Dra. Lucero del Mar Ruíz Posadas

ASESOR



M. C. Alfredo Hernández Livera

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre del 2009

SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE INJERTOS EN CACTÁCEAS

Santa Flores Pérez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2009

Las recomendaciones de fertilización para cactáceas a nivel comercial, indican combinaciones de NPK en proporciones 2:2:4, pero no hay una solución nutritiva utilizada en específico para favorecer el desarrollo de cactáceas con y sin injerto. El objetivo del presente trabajo de tesis fue seleccionar una solución nutritiva que favorezca el desarrollo de cactáceas con problemas de lento crecimiento, escaso sistema radical y falta de pigmentos fotosintéticos, cultivadas en sistema hidropónico en condiciones de invernadero; se establecieron dos experimentos utilizando como portainjerto a *Hylocereus trigonus* e *Hylocereus undatus*; y *Lobivia sylvestrii* forma aurea, *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata como injerto; en el tercer experimento se establecieron en maceta las plantas utilizadas como injerto para comparar la velocidad de crecimiento de dichos materiales con las tres soluciones nutritivas (Solución de Steiner, 2:2:4 de NPK y La Molina aplicadas al 25%) y agua acidulada (testigo) evaluadas con injerto y sin este. Mediante el uso de Microscopia Electrónica de Barrido se observaron cortes anatómicos de la zona de unión y líneas de fusión de tejido fundamental y vascular del injerto *L. sylvestrii* forma aurea x *H. trigonus* a los 0 y 102 días de injertado, para verificar si la nutrición influyó en el fortalecimiento de dicha zona de unión. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de soluciones nutritivas favorece el desarrollo del injerto con valor comercial en el mercado, utilizando como portainjerto a *H. trigonus* e *H. undatus*, se recomienda utilizar la solución de Steiner (para favorecer el desarrollo de las tres especies) seguida de la Molina (*L. sylvestrii* forma aurea y *C.* forma cristata) y la 2:2:4 de NPK (*N. leninghausii*) y en plantas de *N. leninghausii* y *C.* forma cristata establecidas en macetas la solución La Molina y Steiner. En conclusión el éxito que se tiene al realizar un injerto depende de: la similitud anatómica del injerto y del portainjerto, la nutrición que se les proporcione, la sanidad de las plantas, el manejo de los materiales al injertar (riegos), las condiciones de temperatura, humedad relativa, oxigenación, limpieza y desinfección de los materiales utilizados al realizar el injerto, tipo de injerto utilizado y del manejo de este.

Palabras clave: Injerto, cactáceas, nutrición, zona de unión del injerto, *Lobivia sylvestrii* forma aurea, *Notocactus leninghausii*, *Copiapoa tenuissima* forma cristata, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus trigonus*.

NUTRITIONAL SOLUTIONS IN THE GRAFTS IN THE CACTACEAS SOLUTIONS

Santa Flores Pérez, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2009

The fertilization recommendations for cactaceas, commercial at, indicate combinations of NPK 2:2:4, but there is a nutrient solution used in specific for the development of cactaceas with or without graft. The present thesis work aimed to select a nutritious solution than favors cactaceas with problems of slow growth, development little radical system and lack of pigments fotosintetics, cultivated in system hidropónico in greenhouse; conditions established three experiments, the first two use as graft porta to *Hylocereus trigonus* and *Hylocereus undatus*; and *Lobivia sylvestrii* form aurea, *Notocactus leninghausii* and *Copiapoa tenuissima* form cristata graft; the third experiment settled in pot plants used as grafting to compare the growth rate of such materials with three nutritional solutions (Steiner solution, 2: 2: 4 NPK and the Molina applied to 25 per cent) and water acidulate (token) evaluated with graft and without this. Using microscopy sweep electronics were cuts area of union and fusion of fundamental and vascular tissue of graft. Lines anatomical of *Lobivia sylvestrii* form aurea x *H. Trigonus* to the 0 and 102 days of grafted, to verify if the nutrition influence on the strengthening of that area of union. The results showed that implementation of nutritional solutions favours the development of the graft with commercial value in the market, using com porta graft to *H. trigonus* and *H. undatus*, is recommended Stainer solution (for the development of the three species) followed by the Molina (*L. sylvestrii* form aurea and *C. tenuissima* form cristata) and the: 2: 2: 4 of NPK (*N. leninghausii*) and in plants *N. leninghausii* and *C. tenuissima* forms pigeon established solution pot the Molina and Stainer. The success we have to make a graft depends on: the graft and the porta anatomic similarity graft, the nutrition provided, the health of plants in the material handling to the grafting (irrigation), conditions of temperature, humidity, oxigenation, cleaning and disinfecting of materials used to graft, used graft type and the management of this.

Key words: Graft, cataceas, nutrition, graft union area, *Lobivia sylvestrii* form aurea, *Notocactus leninghausii*, *Copiapoa tenuissima* form cristata, *Hylocereus undatus* and *Hylocereus trigonus*.

Agradecimientos

A todos los Mexicanos (as) que pagan impuestos, quienes a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) han financiado parte de mi formación académica.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y brindarme la educación y los conocimientos necesarios para alcanzar una más de las metas de mi vida.

A mi consejo particular, un singular agradecimiento

Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza, gracias por el apoyo brindado en la presente investigación, por el esfuerzo, la dedicación, el tiempo, y el apoyo que me brindo, pero sobre todo por la infinita paciencia para conmigo y mis problemas y por enseñarme a superarme.

Dra. Lucero del Mar Ruíz Posadas, gracias por todo su apoyo, comprensión y sugerencias para la realización de esta tesis, así como por los consejos que me brindo y me sirvieron para madurar en mi vida personal y profesional.

M.C. Alfredo Hernández Livera, por sus consejos y apoyo en todo momento durante el establecimiento del experimento en invernadero así como por las sugerencias al mismo al escribir la presente tesis, por sus consejos y recomendaciones.

Gracias a todos los profesores del área de Nutrición Vegetal, por todos sus conocimientos transmitidos y por las facilidades que se me otorgaron durante mi estancia por el CP.

A Petra y Angy^t dos grandes amigas y hermanas, con las que compartí momentos inolvidables durante la maestría. Angy a donde quiera que este Gracias.

A mis amigos Simón, Arturo y Ever Jair por todo el apoyo que me brindaron.

Al Dr. Jorge Valdez del Área de Entomología de este Instituto, así como a la M.C. Gretta Rosas por el apoyo brindado durante el procesamiento del material biológico en laboratorio.

A la Dra. Ana Bertha Gómez Briones, del Departamento de Física del Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), por su apoyo durante el procesamiento de material biológico.

Al personal administrativo del área: Anita y Laurita, por el apoyo brindado con la papelería durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

Al personal de la biblioteca, por todas las facilidades brindadas en especial al tío Ray.

A todos Gracias.

Santa

Dedicatorias

A Dios; gracias por brindarme la oportunidad de vida, un hogar y la gran familia que tengo.

A mí:

Mamá *María Irene*, gracias por ser la mejor madre del mundo y por ayudarme siempre a salir adelante y nunca dejarme sola en los momentos más importantes de mi vida, Te Quiero Mucho.

Papá *José de Jesús*, gracias por todo el apoyo que me brindas siempre, gracias por darme la oportunidad de estudiar una carrera y por darme todo lo que ha estado a tu alcance, eres un ejemplo en mi vida Te Quiero Mucho.

Hermanos: *Gaudencio, Jaime, Trinidad, Oscar, Hilda y María Guadalupe*, por su apoyo amistad y palabras de aliento y por su ayuda en los momentos difíciles.

Abuelos: *Petra y Trinidad*, por sus sabios consejos y bendiciones que tanto me sirvieron y ayudaron.

A mis dos grandes amigas **Angy[†]** y **Petra**, que durante la carrera y el Postgrado fueron como mis hermanas. Gracias por brindarme su amistad y estar a mi lado en los momentos más difíciles, **Angy[†]** a donde quiera que estés Gracias.

En especial a Marco Antonio, por tu amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, por motivar mi vida moral y profesionalmente.

FUE POR TODOS USTEDES.....GRACIAS.

Santa.

CONTENIDO

Página.

SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE INJERTOS EN CACTÁCEAS	III
NUTRITIONAL SOLUTIONS IN THE GRAFTS IN THE CACTACEAS SOLUTIONS.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIAS.....	VI
CONTENIDO	VII
LISTA DE CUADROS	XIII
LISTA DE FIGURAS	XVI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	2
1.2 HIPÓTESIS.....	2
1.2.1 HIPÓTESIS GENERAL	2
1.2.2 HIPÓTESIS PARTICULARES.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS CACTÁCEAS	3
2.2 IMPORTANCIA DE LAS CACTÁCEAS	3
2.3 VULNERABILIDAD DE LAS CACTÁCEAS A LA EXTINCIÓN	6
2.4 METABOLISMO ÁCIDO DE LAS CRASULÁCEAS.....	9
2.5 MORFOLOGÍA DE LAS CACTÁCEAS	10
2.5.1 RAÍZ.....	10
2.5.2 TALLO.....	11
2.5.3 AREOLAS Y ESPINAS	11
2.5.4 FLORES.....	12
2.5.5 FRUTOS Y SEMILLAS.....	13

2.6	ANATOMÍA DE LAS CACTÁCEAS	13
2.6.1	EPIDERMIS E HIPODERMIS.....	14
2.6.2	CLORÉNQUIMA (REGIÓN FOTOSINTÉTICA).....	14
2.6.3	XILEMA Y FLOEMA.....	15
2.7	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS	15
2.8	NUTRICIÓN EN CACTÁCEAS.....	17
2.8.1	MACRONUTRIMENTOS (N, P Y K)	19
2.9	MÉTODOS DE PROPAGACIÓN EN CACTÁCEAS.....	20
2.9.1	PROPAGACIÓN POR SEMILLA	20
2.9.2	PROPAGACIÓN POR VÁSTAGOS O HIJUELOS	21
2.9.3	PROPAGACIÓN POR ESQUEJE	22
2.9.4	PROPAGACIÓN POR INJERTO	22
2.9.5	INJERTOS EN CACTUS MUTANTES CROMÁTICOS	25
2.10	DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PITAHAYA (HYLOCEREUS SP.).....	26
2.10.1	ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES.....	29
2.11	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES INJERTADAS	30
2.11.1	<i>LOBIVIA SYLVESTRII</i> FORMA AUREA	30
2.11.2	<i>NOTOCACTUS LENINGHAUSII</i>	30
2.11.3	<i>COPIAPOA TENUISSIMA</i> FORMA CRISTATA.....	30
III.	RESUMEN DE REVISIÓN DE LITERATURA.....	32
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
4.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	33
4.2.	PLANTAS CON INJERTO	33
4.2.1	EXPERIMENTO I.....	33
4.2.2	EXPERIMENTO II.....	33
4.3	MANEJO DE PORTAINJERTOS.....	34
4.4	TRASPLANTE DE ESQUEJES A MACETAS	34
4.5	PREPARACIÓN DE HIJUELOS UTILIZADOS COMO INJERTO	34
4.6	REALIZACIÓN DE INJERTOS	35

4.7	DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
4.8	APLICACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA	37
4.9	VARIABLES DE RESPUESTA DURANTE EL DESARROLLO DEL INJERTO	38
4.9.1	INCREMENTO EN EL DIÁMETRO DEL INJERTO.....	38
4.9.2	INCREMENTO EN EL DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	39
4.9.3	NÚMERO DE BROTES POR INJERTO (HIJUELOS).....	39
4.9.4	NÚMERO DE FLORES POR PLANTA	39
4.9.5	NÚMERO DE FRUTOS.....	39
4.10	VARIABLES DE RESPUESTA A LOS 102 DÍAS DE REALIZADO EL INJERTO	39
4.10.1	DIÁMETRO FINAL DEL INJERTO.....	39
4.10.2	DIÁMETRO FINAL DEL PORTAINJERTO	39
4.10.3	ALTURA FINAL DEL INJERTO.....	39
4.10.4	DESARROLLO DE RAÍZ	40
4.11	OBSERVACIÓN DE CORTES ANATÓMICOS CON LA TÉCNICA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB)	40
4.11.1	MUESTREO DE MATERIAL VEGETAL.....	40
4.11.2	DESHIDRATACIÓN DE LAS MUESTRAS	41
4.11.3	SECADO DE MUESTRAS.....	41
4.11.4	MONTAJE	42
4.11.5	CUBRIMIENTO.....	42
4.11.6	MANEJO DE LAS MUESTRAS	42
4.12	ANÁLISIS NUTRIMENTAL DEL MATERIAL VEGETAL	43
4.12.1	NITRÓGENO TOTAL	43
4.12.2	CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL.....	44
4.13	INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DEL MATERIAL VEGETAL	45
4.14	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (ORN)	46
4.15	ÍNDICE DE DESBALANCE NUTRIMENTAL (IDN)	46
4.16	PLANTAS ESTABLECIDAS EN MACETA (EXPERIMENTO III)	46
4.16.1	DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y EXPERIMENTAL.....	47
4.17	VARIABLES DE RESPUESTA DURANTE EL DESARROLLO DE LA PLANTA	47

4.17.1	DIÁMETRO DE LA PLANTA	48
4.17.2	NÚMERO DE BROTES POR PLANTA (HIJUELOS).....	48
4.17.3	NÚMERO DE FLORES POR PLANTA	48
4.17.4	NÚMERO DE FRUTOS.....	48
4.18	VARIABLES EVALUADAS A LOS 102 DÍAS DE ESTABLECIDAS EN MACETA	48
4.18.1	DIÁMETRO DE LA PLANTA	48
4.18.2	DESARROLLO DE RAÍZ	48
4.18.3	ANÁLISIS NUTRIMENTAL.....	48
4.19	ANÁLISIS DE DATOS	49
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
	EXPERIMENTO I (HYLOCEREUS TRIGONUS COMO PORTAINJERTO)	50
5.1	LOBIVIA SYLVESTRII FORMA AUREA X HYLOCEREUS TRIGONUS.....	50
5.1.1	DIÁMETRO DEL INJERTO	50
5.1.2	DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	52
5.1.3	ALTURA DEL INJERTO	53
5.1.4	NUMERO DE HIJUELOS, FLORES Y FRUTOS.....	54
5.1.5	DESARROLLO RADICA.....	55
5.1.6	CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL.....	57
5.1.6.1	EN INJERTO	57
5.1.6.2	EN PORTAINJERTO.....	60
5.1.7	ÍNDICE DE DESBALANCE NUTRIMENTAL (IDN).....	63
5.1.7.1	EN INJERTO	63
5.1.7.2	EN PORTAINJERTO.....	64
5.1.8	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (ORN)	65
5.1.8.1	EN INJERTO	65
5.1.8.2	EN PORTAINJERTO.....	65
5.1.8.4	COMPARACIÓN DE ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL ENTRE INJERTO Y PORTAINJERTO	66
5.1.9	OBSERVACIÓN DE CORTES ANATÓMICOS CON LA TÉCNICA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB)	67
5.1.9.1	CORTES ANATÓMICOS MUESTREADOS ANTES DE REALIZAR EL INJERTO (0 DÍAS)	67
5.1.9.2	CORTES ANATÓMICOS MUESTREADOS A LOS 102 DÍAS DESPUÉS DE REALIZADO EL INJERTO	68
	CONCLUSIÓN	74

5.2	<i>NOTOCACTUS LENINGHAUSII X HYLOCEREUS TRIGONUS</i>	75
5.2.1	DIÁMETRO DEL INJERTO	75
5.2.2	DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	77
5.2.3	NÚMERO DE HIJUELOS	78
5.2.4	DESARROLLO RADICAL	79
5.2.5	CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL EN INJERTO	80
5.2.6	ÍNDICE DE DESBALANCE NUTRIMENTAL (IDN) EN INJERTO	83
5.2.7	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (ORN) EN INJERTO.....	83
5.2.8	COMPARACIÓN DE ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL ENTRE INJERTO Y PORTAINJERTO	84
5.3	<i>COPIAPOA TENUISSIMA X HYLOCEREUS TRIGONUS</i>	85
5.3.1	DIÁMETRO DEL INJERTO	85
5.3.2	DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	87
5.3.3	NÚMERO DE HIJUELOS Y FLORES	87
5.3.4	DESARROLLO RADICAL	88
5.3.5	CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL EN INJERTO.....	89
5.3.6	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (ORN) EN INJERTO.....	93
5.3.7	COMPARACIÓN DE ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL ENTRE INJERTO Y PORTAINJERTO	94
	CONCLUSIÓN	95
	EXPERIMENTO II (UTILIZANDO <i>HYLOCEREUS UNDATUS</i> COMO PORTAINJERTO)	96
5.4	<i>LOBIVIA SYLVESTRII</i> FORMA AUREA X <i>HYLOCEREUS UNDATUS</i>	96
5.4.1	DIÁMETRO DEL INJERTO	96
5.4.2	DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	98
5.4.3	ALTURA DEL INJERTO	99
5.4.4	NUMERO DE HIJUELOS	100
5.4.5	DESARROLLO RADICAL	100
5.5	<i>NOTOCACTUS LENINGHAUSII X HYLOCEREUS UNDATUS</i>	103
5.5.1	DIÁMETRO DEL INJERTO	103
5.5.2	DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	105
5.5.3	NÚMERO DE HIJUELOS	106
7.5.4	DESARROLLO RADICAL	107
5.6	<i>COPIAPOA TENUISSIMA X HYLOCEREUS UNDATUS</i>	109
5.6.1	DIÁMETRO DEL INJERTO	109

5.6.2	DIÁMETRO DEL PORTAINJERTO	111
5.6.3	NÚMERO DE HIJUELOS	112
5.6.4	NUMERO DE FLORES Y FRUTOS	112
5.6.4	DESARROLLO RADICAL	114
CONCLUSIÓN		116
EXPERIMENTO III (PLANTAS ESTABLECIDAS EN MACETA).....		117
5.7	<i>NOTOCACTUS LENINGHAUSII</i>	117
5.7.1	DIÁMETRO DE PLANTA	117
5.7.2	NÚMERO DE HIJUELOS	119
5.7.3	NÚMERO DE FLORES.....	119
5.7.4	DESARROLLO RADICAL	119
5.7.5	ÍNDICE DE DESBALANCE NUTRIMENTAL (IDN) EN INJERTO	123
5.7.6	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (ORN) EN INJERTO.....	124
5.8	<i>COPIAPOA TENUISSIMA FORMA CRISTATA</i>.....	126
5.8.1	DIÁMETRO DE PLANTA	126
7.8.2	NUMERO DE HIJUELOS	128
5.8.3	NÚMERO DE FLORES.....	128
5.8.4	DESARROLLO RADICAL	128
5.8.5	CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL EN PLANTA.	130
5.8.6	ÍNDICE DE DESBALANCE NUTRIMENTAL (IDN) EN PLANTA.....	132
5.8.7	ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (ORN) EN PLANTA	132
CONCLUSIÓN		134
LITERATURA CITADA		135
APENDICE.....		147

LISTA DE CUADROS

Cuadro.	Página.
1. Tratamientos aplicados en el experimento I y II	37
2. Componentes de las soluciones nutritivas al 100 %	38
3. Componentes de la solución concentrada de micronutrientos.....	38
4. Tratamientos aplicados en el experimento III	47
5. Incremento del diámetro del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas y el testigo con respecto a su diámetro inicial.....	52
6. Incremento del diámetro del portainjerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas y el testigo con respecto a su diámetro inicial.....	53
7. Incremento de altura del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada) con respecto a su diámetro inicial.....	54
8. Concentración nutrimental en tejido del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días de realizado el injerto.....	58
9. Concentración nutrimental en tejido del portainjerto (<i>Hylocereus trigonus</i>) a los 102 días después de realizado el injerto.....	60
10. Índice de desbalance nutrimental (IDN) del injerto <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días de realizado el injerto.....	64
11. Índice de desbalance nutrimental del portainjerto (<i>Hylocereus trigonus</i>) a los 102 días de realizado el injerto en las tres dosis de fertilización y el testigo (agua acidulada).....	64
12. Orden de requerimiento nutrimental (ORN) en los tratamientos aplicados al injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i>	65
13. Orden de requerimiento nutrimental (ORN), en los tratamientos aplicados al portainjerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> donde se determino la concentración nutrimental al portainjerto.....	66

14.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.....	77
15.	Incremento del diámetro del portainjerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.....	78
16.	Concentración nutrimental en tejido del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días después de realizado el injerto.....	81
17.	Índice de desbalance nutrimental del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días de realizado el injerto en tres dosis de fertilización y un testigo (agua acidulada).	83
18.	Orden de Requerimiento Nutrimental en los tratamientos aplicados al injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i>	84
19.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas y un testigo con respecto a su diámetro inicial a los 102 días.....	86
20.	Incremento del diámetro del portainjerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.....	87
21.	Concentración nutrimental en tejido del injerto <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días de injertado.....	90
22.	Índice de Desbalance Nutrimental (IDN) del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días de realizado el injerto en tres dosis de fertilización en testigo.....	92
23.	Orden de Requerimiento Nutrimental (ORN), en los tratamientos aplicados al injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> donde se determino la concentración nutrimental al portainjerto.....	93
24.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro.....	97
25.	Incremento del diámetro del portainjerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.....	98

26.	Incremento de altura del injerto de <i>Lobivia sylvestrii forma aurea</i> x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada) con respecto a su diámetro inicial.	99
27.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.	105
28.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas y un testigo con respecto a su diámetro inicial.	106
29.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.	111
30.	Incremento del diámetro del portainjerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.	112
31.	Número de hijuelos, flores y frutos del injerto <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> en los diferentes tratamientos a los 102 días de realizado el injerto.	112
32.	Incremento del diámetro de <i>Notocactus leninghausii</i> establecidas en maceta, en las tres soluciones nutritivas y un testigo con respecto a su diámetro inicial.	118
33.	Índice de desbalance nutrimental del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> a los 102 días de realizado el injerto en tres dosis de fertilización y un testigo.	121
34.	Índice de desbalance nutrimental de <i>Notocactus leninghausii</i> , establecido en maceta en tres dosis de fertilización y un testigo a los 102.	124
35.	Orden de requerimiento nutrimental en los tratamientos aplicados al injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i>	125
36.	Incremento en diámetro de planta de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata por fecha de muestreo.	127
37.	Concentración nutrimental en tejido del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata a los 102 días de establecidas en maceta.	130
38.	Índice de desbalance nutrimental del <i>Copiapoa tenuissima forma cristata</i> a los 102 días después de realizado el injerto en tres dosis de fertilización y un testigo.	132
39.	Orden de requerimiento nutrimental de los tratamientos aplicados a <i>Notocactus leninghausii</i>	133

LISTA DE FIGURAS

Figura.	Página.
1. Injertación: a) corte transversal en portainjerto (<i>Hylocereus trigonus</i>), b) corte de 45° en cada costillas del portainjerto, c) portainjerto listo para ser injertado, d y e) corte transversal en el injerto, f) injertación de ambos materiales (injerto y portainjerto), g y h) colocación de ligas y i) injerto a los 30 días después de haberse realizado la injertación.	36
2. Toma de muestra para su observación en el meb; a) corte de la muestra, b) colocación de la muestra en el fijador, c) muestras colectadas de cada especie injertada.....	41
3. Incremento del diámetro del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). Significativo (*) y no significativo (ns), ($P \leq 0.05$).	50
4. <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> tratada con solución universal de steiner al 25%.	54
5. Desarrollo radical del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días después de realizado el injerto.....	56
6. Desarrollo radical del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> en cada tratamiento por categoría: a) raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (solución de steiner), b) raíces fibrosas con buen desarrollo (solución 2:2:4 de NPK), c) raíces pivotantes cortas (solución la molina) y d) raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (testigo).	57
7. Corte transversal del tallo de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea a los 0 días: a) distribución de los haces vasculares formando un anillo discontinuo. B) acercamiento a una triada de haces vasculares y c) acercamiento a un haz vascular observándose las traqueidas. Donde: pf: parénquima fundamental, hv; haz vascular y cm: conductos del mucílago.	67
8. Cortes transversales del injerto <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días después de realizado el injerto, tratados con: a) solución de steiner al 25%, con aplicaciones de solución de steiner al 25% y b) sin solución nutritiva (testigo). Donde: i es el portainjerto, p el portainjerto, u la zona de unión y cv es la continuidad vascular.....	69

9.	Incremento del diámetro de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (ns), ($P \leq 0.05$).	75
10.	Desarrollo radical del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días después de realizado el injerto.....	79
11.	Desarrollo radical del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus trigonus</i> en cada tratamiento por categoría: a) raíces pivotantes cortas (testigo), b) raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (Steiner), c y d) raíces fibrosas con buen desarrollo (la molina y 2:2:4 de NPK).	80
12.	Incremento del diámetro del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (ns) ($P \leq 0.05$).	85
13.	Desarrollo radical del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> a los 102 días después de realizado el injerto.....	88
14.	Desarrollo radical del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus trigonus</i> en cada tratamiento por categoría: a) raíces fibrosas con buen desarrollo (solución de steiner y la molina), b y c) raíces pivotantes cortas (2:2:4 de NPK y La Molina) y d) raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (testigo).....	89
15.	Porcentaje de incremento del diámetro de <i>Lobivia sylvestrii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> ; en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). Significativo (*) y no significativo (ns) ($P \leq 0.05$).	96
16.	Desarrollo radical del injerto de <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea x <i>Hylocereus undatus</i> a los 102 días de realizado el injerto.....	101
17.	Desarrollo radical del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> en cada tratamiento por categoría: a) raíces fibrosas con buen desarrollo (solución de Steiner), b y c) raíces pivotante cortas (solución 2:2:4 de NPK y La Molina) y d) raíz adventicias y pivotante con crecimiento deficiente (Testigo).	102
18.	Porcentaje de incremento del diámetro de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (ns) ($P \leq 0.05$).	103

19.	<i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> , sin emisión de hijuelos (Steiner).	106
20.	Desarrollo radical del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> a los 102 días de realizado el injerto en los diferentes tratamientos.....	107
21.	Desarrollo radical del injerto de <i>Notocactus leninghausii</i> x <i>Hylocereus undatus</i> en cada tratamiento por categoría: a) raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (solución de Steiner), b) raíces fibrosas con buen desarrollo (solución 2:2:4 de NPK), c) raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (solución La Molina) y d) raíces pivotantes cortas (Testigo).....	108
22.	Porcentaje de incremento del diámetro de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (ns) ($P \leq 0.05$).....	109
23.	Botones florales de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> a los 30 días, tratada con: a) solución nutritiva de steiner, b) solución 2:2:4 de NPK.	113
24.	Apertura floral del injerto <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> a los 30 días de injertados tratados con la aplicación de solución a) Testigo, b) solución de Steiner y c) solución La Molina.	113
25.	Desarrollo radical del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> a los 102 días de realizado el injerto, en los diferentes tratamientos.....	114
26.	Desarrollo radical del injerto de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata x <i>Hylocereus undatus</i> tratado con solución: a) Steiner, b) 2:2:4 de NPK, c) La Molina y d) Testigo.	115
27.	Porcentaje de incremento del diámetro de planta de <i>Notocactus leninghausii</i> en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). Significativo (*) y no significativo (ns) ($p \leq 0.05$).	117
28.	Desarrollo radical de <i>Notocactus leninghausii</i> establecido en maceta a los 102 días de aplicados los tratamientos.....	120
29.	Porcentaje de incremento del diámetro de planta de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). *, ns; significativo y no significativo ($P \leq 0.05$).	126
30.	Desarrollo radical de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata establecida en maceta a los 102 días.....	129
31.	Categorías de desarrollo radical de <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata: a) raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (Steiner), b) raíces fibrosas con buen desarrollo (2:2:4 de NPK), c) raíces pivotantes cortas (La Molina) y d) raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (Testigo).....	129

I. INTRODUCCIÓN

La flora de México es considerada una de las más ricas y variadas del mundo, producto de su particular ubicación geográfica, historia ecológica, topografía accidentada y diversidad climática. Tal riqueza florística está compuesta por 283 géneros, localizados en su mayoría en las regiones áridas y semiáridas, en las cuales ha evolucionado una flora peculiar en el mundo; las cactáceas, constituyen un importante recurso filogenético, que debe ser protegido. La familia de las cactáceas es un grupo distintivo del continente Americano, en México se encuentran distribuidos 67 géneros y cerca de 925 especies de las 2 000 existentes (Bravo y Scheinvar, 1995).

El 60% del territorio nacional está conformado por zonas donde la lluvia es escasa y poco predecible, sin embargo en estas regiones se concentra una parte importante de la biodiversidad mexicana, incluyendo gran número de endemismos, es decir, especies que solo se desarrollan en áreas restringidas, tal como las cactáceas (Martínez, 2000). Las diferentes especies de cactáceas son de gran importancia en el ámbito mundial por la belleza de sus flores y la gran variedad de formas que presentan, teniendo un alto valor comercial como plantas de ornato, alimento y medicinales (Soberón, 1998).

En la producción masiva de cactáceas los productores se enfrentan a diversos problemas fitosanitarios, técnicos y de manejo, algunas especies son difíciles de cultivar por: escaso desarrollo de sus raíces, pudrición radical por sensibilidad a la humedad, crecimiento muy lento y falta de pigmentos fotosintéticos en algunas especies (Reyes, 1997).

En el manejo de la nutrición se habla de relaciones de los tres principales nutrimentos (N, P y K), pero no hay una solución nutritiva específica que se ha utilizado en el desarrollo de estas especies. Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo es obtener una solución nutritiva que favorezca el desarrollo de injertos de cactáceas con problemas de crecimiento lento, escaso sistema radical y falta de pigmentos fotosintéticos bajo hidroponía en condiciones de vivero.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Obtener una solución nutritiva que favorezca el desarrollo de injertos de cactáceas con problemas de lento crecimiento, escaso sistema radical y falta de pigmentos fotosintéticos.

1.1.2 Objetivos particulares

- ✓ Evaluar el efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en el desarrollo de cactáceas con y sin injerto.
- ✓ Medir la velocidad de crecimiento de las cactáceas con y sin injerto con diferentes soluciones nutritivas.
- ✓ Comparar líneas de fusión de tejido fundamental y vascular en la zona de unión del injerto desarrollado con solución nutritiva y sin la aplicación de esta.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis general

- ✓ La aplicación de la solución de 2:2:4 de NPK, favorece más el desarrollo del injerto.

1.2.2 Hipótesis particulares

- ✓ El desarrollo de injertos en cactáceas se favorece con la aplicación de una solución nutritiva con niveles altos de potasio.
- ✓ El injerto favorece el desarrollo y producción de brotes en las cactáceas.
- ✓ El desarrollo celular se modifica en función de la cantidad de potasio de la solución nutritiva.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución de las cactáceas

Las cactáceas son un grupo natural que ha evolucionado en los últimos 80 millones de años, a partir de formas no suculenta, siendo los géneros *Pereskia* y *Peresklopsis* los más primitivos. No está claro aún su distribución, algunas hipótesis indican que este tipo de plantas se originaron en la zona tropical seca de Sudamérica, otras mencionan que México es el centro de origen (Arias, 1997).

Sin embargo, el centro de origen primario de las cactáceas es el Continente Americano, siendo las regiones áridas y semiáridas las de mayor número de especies en nuestro país, la porción sureste del desierto Chihuahuense, y la zona árida Querétaro-Hidalguense, la diversidad de especies es sobresaliente, fuera de estas regiones su diversidad disminuye drásticamente. En América existen algunas otras regiones relativamente ricas en especies de cactáceas, como el suroeste de los Estados Unidos de América, el noreste de Brasil y la porción norte de Argentina junto con algunas regiones de Bolivia y Perú (Bravo y Scheinvar, 1995).

2.2 Importancia de las cactáceas

La Familia de las cactáceas está representada en México por 67 géneros y cerca de 925 especies y es un grupo conspicuo de la flora nativa de nuestro país especies reconocidas; del total de géneros que existen en nuestro país, 15 están estrictamente restringidos a sus límites territoriales y 20 más son casi endémicos. Así mismo, en esta Familia se encuentran plantas cuyo valor evolutivo, ecológico, histórico-cultural y económico es incuestionable (Bravo, 1994). Los frutos, néctar y polen son básicos para la permanencia de otras especies que son parte fundamental de muy complejos ensambles biológicos; algunas especies son altamente ornamentales, por lo que son condicionadas por coleccionistas estadounidenses, europeos y asiáticos, lo que aunado a la destrucción de sus hábitats las han llevado al borde de la extinción. (Villavicencio, 2002).

En la familia *Cactaceae* existen alrededor de 35 especies que tienen potencial como cultivo para la obtención de frutos, vegetales o forraje (Nerd y Mizrahi, 1997).

Entre los usos más importantes de las cactáceas diversos autores citan los siguientes:

a) Alimento humano

La mayoría de los frutos de las cactáceas son comestibles, tales como las tunas, xoconoxtles, garambullos, pitayas, pitahayas, quiotillas, tunillos, teteches, etc. Asimismo se pueden consumir los tallos o cladodios como hortaliza. Por otra parte, de algunas biznagas se elabora confitería como el dulce de acitrón. También se puede mencionar el aprovechamiento de flores de varias especies en forma de verdura (Mercado y Granados, 2002; Arnaud, *et al.*, 1997). Productos como la harina, capsulas y comprimidos de nopal generalmente son elaborados en México como complementos alimenticios (Nobel, 1998).

El valor alimenticio de estos frutos se debe a su alto contenido de agua, azúcares, vitaminas y minerales que aportan, los cuales son básicos en la dieta de los pobladores mestizos e indígenas que viven en las zonas áridas y semiáridas del país (López, 2006).

Algunas cactáceas nativas con potencial para exportación en fruto fresco o pulpa congelada son: *Escotria chiotilla*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Stenocereus griseus*, *Hylocereus undatus* *Opuntia ficus indica*, *Opuntia streptacantha* y *Stenocereus queretaroensis* (Nerd y Mizrahi, 1997; Esquivel, 2004).

b) Construcción y combustible

Las cactáceas, además de usarse en la alimentación algunas especies columnares (*Pachycereus marginatus*, *Stenocereus stellatus*, *Escotria chiotilla*, *Neobuxbaumia* y *Cephalocereus*). Algunas especies son utilizadas como elemento de construcción y para combustible. Los haces vasculares de este tipo de cactus son verdaderamente rígidos por lo que son útiles en las zonas rurales indígenas. Asimismo, la leña de las cactáceas (*Cylindropuntia spp.*). En el Valle de Tehuacán, Puebla y en la Mixteca baja de Oaxaca, se han aprovechado el fruto, la semilla y el tallo de siete géneros de cactáceas columnares, por ejemplo *Stenocereus pruinosus* se utiliza como fruto comestible crudo, en mermeladas, paletas así como para la elaboración de licores y tortillas; con las semillas de *Pachycereus weberi* se elaboran tortillas y mole; con las semillas de *P. grandis*; se elabora tortillas.

Las semillas de *Polaskia chichipe* y *Escontria chiotilla* se consumen sus frutos en fresco (Luna y Aguirre, 2001).

c) Forraje

Varios géneros de cactus se han utilizado como forraje para alimentar diferentes tipos de ganado (vacuno, equino, ovino, caprino y porcino). Los más utilizados son *Opuntia*, *Cylindropuntia* y *Nopalea*, donde *O. ficcus-indica* y *O. engelmanni* son las más comunes ya que no presentan tantas espinas o gloquidias (Nobel, 1988).

d) Obtención de colorantes

Arnaud *et al.*, (1997); Viguera y Portillo (1997) citan que la obtención de colorantes a través de la cochinilla o grana del nopal (*Dactylopus coccus*) es otra utilidad de las cactáceas; este tinte fue usado desde la época prehispánica hasta nuestros días por su amplio potencial de uso como colorante aditivo en alimentos, cosméticos, fármacos y otras aplicaciones especializadas.

e) Medicinal

A las cactáceas también se les relaciona con la mitigación de diversos dolores, por ejemplo el nopal en su uso medicinal fue utilizado por algunos grupos nativos para tratar diversas afecciones, los cladodios o pencas mitigan el dolor de muelas y curan inflamaciones, en forma similar a las compresas calientes; con la pulpa de las tunas se trataba la diarrea persistente en los infantes; la savia del nopal mezclado con el jugo de pitahaya se usaba contra fiebres biliosas y malignas; con la combinación de mucílago o baba de nopal y aceite del insecto *Monoephus axinas*, se preparaba una solución para eliminar grietas de pies, manos y labios (Pimienta, 1997).

Los extractos de varios cactus tienen una amplia gama de aplicaciones médicas, los jugos extraídos de los tallos jóvenes macerados de *Opuntia* y *Lophocereus* actualmente tienen una especial importancia ya que se usan como agentes antidiabéticos en muchas partes del mundo (Nobel, 1998).

f) Psicotrópicos

Lophophora williamsii (peyote) y *Trichocereus pachanoi* (San Pedro) son los casos más notables del uso de cactáceas como Psicotrópicos, utilizado la primera por diversas tribus del norte de México, como los Huicholes, Tepehuanes, Tarahumaras y la segunda por los Incas entre otros (Mercado y Granados, 2002). *Lophophora williamsii* en conjunto con otras cactáceas reciben el nombre de peyotes, porque presentan una gran cantidad de alcaloides como la mezcalina que es la que produce los efectos más fuertes que hacen que los que la consumen pierdan la noción del tiempo por sus propiedades alucinógenas (López, 2006).

g) Ornamental

Lo peculiar de sus flores, formas, hábitos de crecimiento, espiración y resistencia a la falta de agua hacen de las cactáceas un grupo muy demandado en la horticultura ornamental mundial así algunos de los géneros más populares utilizados como plantas de ornatos son: *Ariocarpus*, *Echinocereus*, *Epiphyllum*, *Gymnocalycium*, *Lobivia*, *Notocactus*, *Rebutia*, *Sulcorebutia* y en especial *Mammillaria* (Leszczyńska, 1991).

2.3 Vulnerabilidad de las cactáceas a la extinción

La mayoría de las especies de las cactáceas presentan tasas de crecimiento muy bajas y sus ciclos de vida son frecuentemente largos que las hace más vulnerables a los efectos de factores de perturbación como son: incendios, cambios en el uso del suelo, pastoreo, saqueo, etc. (Soberón, 1998; Glass, 1998). Muchas especies están estrictamente restringidas a límites territoriales (endémicas) por lo que su sobrevivencia es casi nula (Bravo y Scheinvar, 1995).

Entre los géneros más vulnerables se encuentran: *Ariocarpus*, *Aporocactus*, *Astrophytum*, *Astekium*, *Cephalocereus*, *Echinocactus*, *Epithelantha*, *Obregonia*, *Geohintonia*, *Leuchtenbergia*, *Strombocactus* y *Lophophora*.

La actividad humana está teniendo fuerte impacto en las poblaciones de cactáceas, se da la destrucción de hábitats naturales debido a la construcción de caminos, la agricultura, la minería y la extracción de plantas por coleccionistas o comerciantes (Boyle y Anderson, 2002).

Es decir, muchas de ellas están sujetas a presiones de colecta y a la destrucción de su hábitat, además, por lo general tienen una habilidad limitada para restablecerse demográficamente después de un evento de perturbación.

El Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES) es una organización administrada por la Organización de las Naciones Unidas en la que participan más de 123 países. Su función específica es la de regular el comercio internacional por medio de un listado en la que se determinan las categorías en que se ubican las especies, dependiendo de los índices de amenaza que presentan (Glass, 1998).

Las especies amparadas por el CITES están incluidas en tres apéndices, según el grado de protección que requieran. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción que están sometidas a comercio internacional; su comercio está prácticamente prohibido salvo en casos excepcionales, tales como intercambio científico o ejemplares propagados artificialmente en viveros registrados ante la Secretaria de la CITES, en este apéndice se encuentran varias especies de cactáceas mexicanas de los generos *Ariocarpus*, *Astrophytum*, *Aztekium*, *Coryphantha*, *Disocactus*, *Echinocereus*, *Escobaria*, *Mammillaria*, *Melocactus*, *Obregonia*, *Pachycereus*, *Pediocactus*, *Pelecypora*, *Sclerocactus*, *Strombocactus*, *Turbinocarpus* y *Uebelmannia*.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza (IUCN), en México se registraron 285 especies amenazadas, entre indeterminadas, raras, vulnerables y en peligro de extinción, además, de que la Familia está incluida en el Apéndice II incluyen a aquellas especies que no se encuentran en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.

En este apéndice quedan incluidas el resto de las especies Mexicanas, incluyendo el comercio de sus semillas. En el Apéndice III están incluidas las especies que son vulnerables en al menos un país, el cual ha solicitado la ayuda de otras partes del CITES para controlar su comercio (Benítez y Dávila, 2002).

La fascinación que existe por las cactáceas como plantas de ornato es una de las razones por las cuales en la actualidad se les considera uno de los grupos más amenazados de la flora mexicana, desde el siglo pasado, millones de especímenes de cactáceas han sido extraídos de sus hábitats y enviados al extranjero, principalmente para formar parte de colecciones particulares (Glass, 1998).

México posee 925 especies de cactáceas que equivalen al 60% de todas las especies del mundo. Casi el 80% de las especies mexicanas son endémicas, 285 especies están clasificadas en alguna categoría de riesgo (amenazadas, protección especial o en peligro de extinción).

Entiéndase por especie amenazadas aquellas especies o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad biológica, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Las especies sujetas a protección especial, son aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación (Benítez y Dávila. 2002).

En peligro de extinción se clasifican a aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Los campos de aplicación de la NOM-O59-ECOL-2002 son: posesión, uso, aprovechamiento y colecta científica de ejemplares, partes, productos, subproductos y derivados procedentes de su medio natural o de criaderos y viveros o cualquier otro medio de reproducción donde intervenga el hombre; las mismas disposiciones aplican a la conservación, protección, transformación, uso o aprovechamiento del hábitat donde ocurren las especies y subespecies de flora y fauna listadas en esta Norma (Benítez y Dávila. 2002).

2.4 Metabolismo Ácido de las Crasuláceas

El Metabolismo Acido de las Crasuláceas (MAC), les permite a las plantas suculentas sobrevivir en ambientes secos, y el intercambio nocturno de gases las obliga a desarrollar grandes tejidos de reserva, donde almacenan durante el día las moléculas llenas de energía química, y por la noche el ácido málico producido como resultado de la fijación de CO₂ atmosférico, para guardar estos ácidos nocturnos, las plantas son forzadas a formar tejido no fotosintético que les permite almacenar agua y por consiguiente son plantas de crecimiento lento (Mauseth, 2004; Nobel y Barrera, 2004).

A diferencia de las plantas C₃ y C₄ en las plantas MAC, presentan un tipo de metabolismo, en el que la actividad carboxilasa de tres carbonos (ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa/ oxigenasa: rubisco) y cuatro (fosfoenol piruvato carboxilasa) se presenta en una misma célula, con actividad enzimática separada temporalmente. (Dodd *et al.*, 2002; Lüttge, 2004).

La definición más simple de MAC, descrita por primera vez para la Familia *Crassulaceae* consiste en:

- a) La asimilación nocturna de CO₂ vía apertura estomática, fijación por fosfoenol piruvato carboxilasa (PEPC) y acumulación CO₂ vía vacuolas como ácidos orgánicos, predominantemente ácido málico (Fase I).
- b) Se presenta removilización diurna de los ácidos orgánicos almacenados en la vacuola, decarboxilación y refinación más asimilación de CO₂ tras el cierre estomático en el ciclo de Calvin (Fase III).
- c) Entre estas dos fases existen transiciones en las que los estomas permanecen abiertos para la toma de CO₂ por lapsos cortos durante el amanecer (Fase II) y el atardecer produciendo como consecuencia la fijación directa de CO₂ a carbohidratos cuando el acervo de ácido vacuolar se encuentra agotado (Fase IV) (Lüttge, 2002; Geydan y Melgarejo, 2005).

Por lo tanto las plantas MAC exhiben tasas en la eficiencia del uso del agua, cinco a diez veces más altas que las plantas C₄, resultando en una considerable ventaja competitiva en ambientes en que el agua es el factor limitante, como por ejemplo desiertos o ambientes epífitos (Ortíz, 2000; Cushman, 2001).

El Metabolismo Acido de las Crasuláceas (MAC) ocurre en aproximadamente 7% de las plantas vasculares, existen evidencias que indican que la dirección evolutiva ha sido de intermedios C₃-MAC a MAC totales paralelamente por especialización y colonización de nuevos ecosistemas progresivamente más áridos (Bastida, 1999; Cushman, 2001).

De acuerdo con Nobel (1988) y Ting (1985), el metabolismo MAC se presenta en aproximadamente diez por ciento de las angiospermas, lo que implica alrededor de 30 familias, entre las que se encuentran las cactáceas, crasuláceas y las agaváceas. Las plantas de la Familia *Cactaceae* son: fanerógamas (producen flores, frutos y semillas), dicotiledóneas y perennes, cuya vida dura más de dos años y por tiempo indefinido, llevan a cabo el Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (MAC), y su característica distintiva son las areolas (Barcenás *et al.*, 2002).

2.5 Morfología de las cactáceas

2.5.1 Raíz

Las raíces de las cactáceas poseen algunas particularidades por las cuales se consideran del tipo xerofítico, se han tenido que adaptar a las condiciones adversas del medio como son: falta periódica de humedad, la filtración rápida del agua, intensa insolación, subsuelos calizos, arenosos, de lava, etc. (Bravo, 1994).

Desde el punto de vista fisiológico puede asentarse que la raíz principal constituye el sistema de fijación, su desarrollo es proporcional al tamaño de la planta. Las raíces secundarias intervienen particularmente en la absorción, la longitud que alcanzan, el grado de ramificación que adquieren y la profundidad ésta en relación directa con el factor humedad. Hay especies de cactáceas que poseen raíces tuberosas; papiforme, globosas, napiformes y fibrosas (Bravo, 1994).

La raíz de las cactáceas es semejante por lo general al de otras dicotiledóneas, procede de la radícula del embrión y en algunos casos es adventicia; fija la planta en el suelo, absorbe el agua con las sustancias nutritivas disueltas en ella y puede en algunos géneros servir de almacén de agua (Bravo, 1978).

De acuerdo con Gibson y Nobel (1986), por su patrón de distribución las cactáceas presentan tres tipos de raíz; el primero se caracteriza por presentar una principal que constituye el sistema de fijación, las siguientes son las raíces secundarias, que intervienen en la absorción de agua y las sustancias nutritivas disueltas en ella y por último las raíces temporales, que solo aparecen durante la época de lluvias.

2.5.2 Tallo

En las cactáceas conforma básicamente el cuerpo de la planta, engrosado por el desarrollo del parénquima (tejido de almacenamiento) interviene en la conducción de nutrientes, asume la función de las hojas, convirtiéndose en un almacenador y regulador de agua.

Varían en forma, tamaño y ramificaciones pero en ellos siempre se aprecian tubérculos o costillas, son generalmente verdes, según la especie, puede presentar coloraciones intensas o no, durante el invierno muchas de ellas adquieren una coloración rojiza, en sus partes expuestas directamente a la intemperie, especialmente en tubérculos y las areolas.

Los tipos morfológicos principales son: globoso, cilíndrico, candelabroiforme, cladodio en forma de hoja y columnar (Farré, 2001). Los tallos aplanados en forma de raqueta, técnicamente denominados cladodios, son particulares de los nopales (*Opuntia* spp.).

Los tallos columnares o cilíndricos se observan en los órganos o pitayos, estos pueden ser simples y carecer de ramificación o ser ramificados. A los tallos cilíndricos de tres costillas se les llama trialados como en *Hylocereus undatus* (pitahaya). Otra forma de tallo es el globoso varían en tamaño, algunos son gigantescos, alargados, casi cilíndricos, del porte de un barril, por lo que se denominan toneliformes; otras son diminutas, alcanzando su madurez con solo dos centímetros de diámetro y de altura (Arreola, 1997).

2.5.3 Areolas y espinas

La Familia de las cactáceas botánicamente se distingue de otras Familias, por la presencia de areolas en sus tallos.

Las cactáceas se pueden definir desde dos puntos de vista; 1) Morfológico: son estructuras vegetativas de aspecto algodonoso de donde surgen fibras lanosas, cerdas, espinas, flores,

frutos, hijuelos, hojas y hasta raíces en algunos casos; 2) Fisiológico: es una yema de tejido meristémico, esto es, un grupo de células no diferenciadas con toda la capacidad para dar lugar a cualquier tipo de tejido (Glass, 1998; Nava, 1997).

Las espinas son órganos que varían en forma, tamaño, color, consistencia, número, coloración etc. por su origen se dice que son hojas modificadas y cumplen varias funciones; protegen contra la depredación de los animales, en el campo producen sombra y protección al tallo, reflejando los rayos solares, condensan la humedad ambiental y la dirigen hacia las raíces, donde es absorbida y facilitan la propagación vegetativa cuando se adhieren a la piel de algún animal que dispersa los tallos (Arreola, 1997; Nobel, 1998).

Las espinas se clasifican de acuerdo a su posición dentro de la areola, pero también por su forma, dirección y ornamentación; por la colocación las hay de dos clases; centrales y radiales o marginales.

Por la forma que presentan; aciculares, cónicas, subuladas, plumosas y ramificadas; en cuanto a su dirección u orientación; las espinas son; divergentes, porrectas, recurvadas, pectinadas y ascendentes, por su ornamentación, existen varios tipos como son las lisas, anilladas y envainadas (Demetra, 2000; Glass, 1998).

2.5.4 Flores

Las flores de las cactáceas son hermafroditas (agrupan al gineceo o pistilo y al androceo o estambres dentro de una sola estructura floral) y muy efímeras. Tienen formas, tamaños y coloraciones muy diversas. En general, se han hecho famosas por su hermosura, aparecen generalmente en primavera y durante esa estación transforman las zonas áridas en jardines llenos de esplendor. La forma de las flores es comúnmente campanulada, y sus colores variados y combinados. Las flores pueden ser diurnas o nocturnas y su producción se restringe a una por areola (Bravo, 1994; Nava, 1997).

Por las diferentes tonalidades tan llamativas de las flores y por la presencia de nectarina atraen a los insectos; preferentemente a los himenópteros, dípteros y lepidópteros que realizan la polinización; por lo regular es cruzada, y deberá tomarse en cuenta que los estambres maduran primero (protandria) (Becherer, 1996).

2.5.5 Frutos y semillas

Los frutos de las cactáceas son bayas, los cuales suelen ser pueden ser carnosos, jugosos o secos, en época de fructificación atraen a las aves y mamíferos que se alimentan de ellos. Los hay dehiscentes e indehiscentes, los frutos constan de una cámara en cuyo interior se encuentran las semillas, unidas por una estructura llamada funículo, la cual determina su carnosidad o succulencia. La forma de los frutos es variable, desde globosos hasta alargados, son lanosos, escamosos espinosos, y su coloración puede ser blanca, verde, amarilla, púrpura, azul o casi negra (Pacheco, 1997).

Las semillas de las cactáceas son generalmente pequeñas, de uno a dos milímetros de longitud algunas pueden medir hasta medio centímetro, tienen formas diversas; discoide, reniformes, ovoides y son de colores que varían del negro al crema pasando por tonalidades pardas castañas o con tintes rojizos. La envoltura exterior es amarillenta, café o negra, casi siempre muy dura, brillante, lisa o provista de pequeñas puntuaciones o tubérculos (Bravo, 1994).

2.6 Anatomía de las cactáceas

Sin duda algunas de las plantas más desarrolladas y sofisticadas que existen en el mundo, son las cactáceas, donde su morfología y fisiología están encaminadas al aprovechamiento eficiente del agua, es decir mejores canales de captación y almacenamiento. Para ello, estas plantas han desarrollado cualidades morfológicas y fisiológicas que les permiten perder el mínimo de agua de sus tallos (Ortíz, 2000).

Para el estudio de la anatomía de las cactáceas se puede utilizar la de cualquier especie, ya que todas presentan la misma organización general, aunque la forma de la planta y por lo tanto las dimensiones de cada tejido pueden variar (Gibson y Nobel, 1986).

Los tejidos de almacenamiento (parénquima) están muy desarrollados lo que les permite conservar agua y nutrientes durante prolongados periodos de sequía. En las cactáceas a nivel general, el estudio de los tejidos que integran los tallos son:

2.6.1 Epidermis e hipodermis

La epidermis está formada por una gruesa cutícula impermeable de células cuya estructura varía con el tiempo, pues son distintas las que existen en la zona de crecimiento de las células que cubren la parte media del tallo o de las que se encuentran en las proximidades de la raíz.

La pared exterior de la epidermis está cubierta por una capa de secreciones cerosas, la cual recibe el nombre de cutina y tienen como función proteger al tejido verde fotosintético y reducir la pérdida de agua (Cordero, 1999).

Las principales funciones de la epidermis son:

- ❖ Retención de agua dentro del cuerpo de la planta.
- ❖ Protección contra la intensidad de la luz, plagas y enfermedades
- ❖ Control del intercambio gaseoso.

La hipodermis está compuesta de un tipo de células llamadas colénquima, que son usadas por la planta como soporte mecánico, esta zona está formada por un número variable de hileras de células que presentan contornos irregulares que se caracterizan porque sus partes comúnmente están engrosadas y contienen altas concentraciones de pectina y hemicelulosa, pero no de lignina; la pectina retiene el agua con la cual llena las paredes y lo hacen duro pero flexible, con lo cual los tallos pueden extenderse y contraerse al perder agua sin sufrir daños (Cordero, 1997).

2.6.2 Clorénquima (región fotosintética)

Debajo de la hipodermis se distingue una capa de células de color verde intenso que constituye este tejido, es aquí donde se transforma el agua y el CO₂ en azúcares en presencia de luz, mediante el proceso conocido como fotosíntesis, la luz atraviesa la epidermis y llega al clorénquima, donde es absorbida por la clorofila y carotenos presentes en los cloroplastos.

En el caso de la pitahaya es muy abundante en relación al parénquima (tejido de reserva no fotosintético) (Cruz 1996; Nobel y Barrera 2004; Mauseth, 2004).

2.6.3 Xilema y floema

El xilema (elementos vasculares) se localiza entre la médula y el tejido parenquimatoso siendo su función abastecer a los tejidos con agua y minerales del suelo vía las raíces y transportarlos azúcares del clorénquima hasta el resto de la planta. En las cactáceas columnares de gran tamaño los haces vasculares dan a la planta adulta resistencia estructural para soportar su peso, resistir la flexión y el pandeo producido por los vientos sobre sus grandes tallos suculentos (Cruz., *et al*/1995).

El tejido de almacenamiento parenquimatoso (floema) está muy desarrollados, lo que les permite a las cactáceas conservar agua y nutrientes durante prolongados periodos de sequía.

Debe su color al reducido número de cloroplastos y a la presencia de vacuolas grandes, los cuales ocupan el 95% del volumen celular en nopal, técnicamente a este tejido se le conoce como parénquima medular (Arévalo, 2000).

El parénquima está formado por células largas esferoides y pared celular delgada que permite la entrada del agua fácilmente, en algunas cactáceas se puede presentar en estos tejidos una estructura mucilaginosa y esta se considera altamente higroscópica, actúa como elemento de absorción y almacenamiento de agua. El mucílago de las células en los tallos parece envolver primero el córtex y posteriormente la médula (Cordero, 1997).

2.7 Requerimientos edafoclimaticos

En el cultivo de cactáceas los sustratos son fundamentales, para el desarrollo de estos, un buen sustrato es el que sirve para obtener plantas de buena calidad comercial a un bajo costo y en el menor tiempo posible.

Los sustratos recomendados para el cultivo de cactus, deberán ser de buena capacidad de drenaje, porosidad y densidad adecuada, textura gruesa que permita la fácil penetración de las raíces, buena aireación, bajos porcentajes de nitrógeno, disponibilidad y bajo costo (Bastida, 1999). La pitahaya es una planta propia de regiones caducifolias y tropicales, posee características que la hacen resistente a la sequía. Se desarrolla bien en todas las zonas de Centroamérica, aun donde las lluvias no son muy abundantes.

El exceso de lluvia provoca la caída y pudrición de las flores por lo que no se recomienda la siembra en zonas lluviosas (Rodríguez, 1997). Para que las plantas se desarrollen sin problemas es necesario que haya en la zona un período seco bien marcado. Además las plantas necesitan estar a plena exposición de los rayos del sol, pues necesitan de diez a doce horas de luz por día. Si las plantas están bajo sombra son raquílicas y no producen flores ni frutos.

La temperatura óptima para el desarrollo de la pitahaya es de 26 °C; aunque puede sembrarse con éxito donde la temperatura varía de 21 a 35°C (Muñoz, 1997). La pitahaya crece adecuadamente desde el nivel del mar hasta los 1,200 metros de altura. La altura más adecuada va de 100 a 800 metros sobre el nivel del mar (Bárceñas, 2006). El crecimiento vegetativo se favorece por cierta cantidad de sombra, pero un sombreo excesivo produce tallos delgados con una coloración verde oscura (Delgado, 2002).

Conocer la temperatura que requiere cada especie en concreto es esencial para su desarrollo. Si las temperaturas bajan progresivamente, las plantas se endurecerán y entrarán en un estado de latencia, las temperaturas promedio, oscilan entre 10 °C durante el invierno y hasta los 45 °C en los días calurosos, las cactáceas se adaptan a las temperaturas altas, pero es necesario el frío para estimular la floración (March, 1997).

La humedad es fundamental para los cactus; especialmente durante el proceso de germinación, si se somete a estrés el germoplasma en el semillero no se obtendrán los resultados esperados de germinación; el estado de sanidad de la planta dependerá del riego durante los meses invernales (mediados de otoño a principios de la primavera) los cactus requieren de poca humedad, en la primavera se deberá regar para estimular la brotación de hijuelos, pero de mayo hasta mediados de septiembre, se darán riegos abundantes y periódicos, los cactus en maceta se regarán con una regadera (March, 1997).

Nunca se debe regar sobre las espinas de las cactáceas (sobre la planta), ya que al hacerlo se contribuye a la formación de hongos y bacterias; por otra parte, el agua de la llave (Contiene sales minerales), es dañina, puesto que estas sales se acumulan sobre las espinas. Las cactáceas deben encontrarse en un ambiente donde circule el aire y donde la humedad atmosférica no sea intensa, aunque existen casos particulares como las cactáceas procedentes

de la costa o las epífitas, que necesitan más humedad (Bravo y Scheinvar, 1995). Si se cultivan los cactus bajo invernadero este tendrá que estar orientado de Norte a Sur, dependiendo de la ubicación del lugar y los vientos predominantes, para proporcionar una buena ventilación para evitar la presencia de problemas fungosos, y una luminosidad uniforme (Reyes, 1997).

La mayoría de las especies de cactus cuando crecen en interiores, necesitan un lugar soleado, sobre todo en el periodo de máximo crecimiento comprendido desde la primavera hasta principios del otoño, los cactus de interiores situados en lugares soleados deberán girarse gradualmente, hasta dar una vuelta completa en el transcurso de una semana o de lo contrario tenderá a crecer con dirección al sol o con dirección al lugar de iluminación con una iluminación más intensa (Schneck, 1992).

De acuerdo a Díaz, (2000) la lluvia y la luz juegan un papel crucial en el comienzo del proceso de imbibición y la exposición de la semilla a la luz, induce el fitocromo para que germine la semilla y se desarrolle la plántula.

2.8 Nutrición en cactáceas

Entre los fertilizantes que se utilizan para fertilizar las cactáceas en vivero son principalmente mezclas preparadas por ejemplo los PETERS en dosis 9-45-15, 6-15-12 ó harina de hueso de pescado. La frecuencia de aplicación puede ser cada tres a seis meses en plantas adultas y de quince a veinte días para cactus en desarrollo a dosis de 1g de fertilizante por cada litro de agua (Reyes, 1997).

Al momento de realizar la siembra la fertilización será a dosis de 10-30-10, o bien 12-24-12, de N-P-K, en Colombia las aplicaciones que se realizan son de 20-30-10, 15-15-15 y 17- 6- 18, sin dejar de tomar en cuenta los elementos menores (Bárceñas, 2006). En países como Colombia y Nicaragua se ha obtenido buena respuesta a la aplicación de nitrógeno foliar como 15-15-15 y 13-26-6, de N-P-K directamente al suelo (Cruz, 1996).

Además de los elementos minerales requeridos por las plantas, otros factores también contribuyen a la complejidad de las relaciones nutritivas, por ejemplo: fotosíntesis, crecimiento, productividad (tiene una respuesta no lineal a nivel de nutrimentos en la planta),

además, la relación de nutrientes en la planta es afectada por el pH del suelo. Las raíces de agaves y cactus tienden a ser poco profundas, por lo tanto los nutrimentos son obtenidos de las capas superiores del suelo (Nobel, 1988).

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

Guzmán (1994), menciona que la pitahaya responde bien a la aplicación de fertilizantes orgánicos, y también a fertilizantes químicos, al aplicar de 1 a 1.5 Kg de la fórmula 18-46-00 por planta en tres aplicaciones al año.

Cruz *et al.*, (1990), trataron de inducir deficiencias bajo cultivo hidropónico utilizando cladodios enteros de nopal, las cuales tardaron en aparecer, obteniendo solo disminución de tamaño y número de cladodios en ausencia de nitrógeno principalmente.

La falta de respuesta rápida se la atribuyó a que el tallo posee una gran capacidad de almacenamiento de nutrientes.

Por su parte Baca (1990), igualmente en nopal utilizando plantas de nopal bajo cultivo *in vitro* para disminuir la cantidad almacenada de elementos, encontró que la falta de nutrientes reduce el tamaño y el número de brotes. Para el caso del fósforo, observó un aumento en el tamaño de las espinas y una coloración rojiza.

Cuando el nitrógeno se ausentó, los cladodios se volvieron cloróticos y comenzó a aparecer una capa corchosa en ellos.

Ramírez, (1995), aplicando aspersiones foliares a los tallos de pitahaya encontró que existió incremento de los niveles de N, P, Ca, Zn en los tallos nuevos de pitahaya asperjadas con fertilizaciones foliares.

2.8.1 Macronutrientos (N, P y K)

El nitrógeno es el elemento más limitante en el suelo para el crecimiento de las cactáceas, ya que cuando el nitrógeno está presente en más del 2% del peso seco en el clorénquima de agaves y cactus, se promueve la actividad metabólica.

Los niveles de nitrógeno en el tejido se correlacionan positivamente con la acumulación nocturna de ácidos y de CO₂, así mismo, se obtiene un crecimiento óptimo para ambas especies cuando los niveles de N en el suelo son superiores al 0.1% en relación al peso seco del mismo (Nobel, 1988).

Stefanis y Langhans (1980), reportan que al incrementar el nivel de nitratos en la solución hidropónica se incrementó el crecimiento de plantas de *Agave deserti*, *Carnegie gigantea*, *Ferocactus acanthodes* y *Trichocereus chilensis*. Nobel *et al.*, (1987) reportaron que en *Opuntia phateacantha* y *Opuntia rastrera*, conforme incrementa los niveles de Nitrógeno en el suelo, incremento la acumulación de biomasa.

En algunos cactus cultivados en hidroponía, la influencia del fósforo se empieza a notar cuando las plántulas tienen un año de edad, por ejemplo, con una concentración de 1 mM H₂PO₄⁻ en la solución nutritiva se incrementa el peso seco del tallo en un 20% para *Carnegie gigantea*, *Ferocactus acanthodes* y *Trichocereus chilensis* (Nobel y Hartsock, 1983).

Nobel *et al.*, (1987), reportaron que para *O. phateacantha*, la aplicación de P en altas dosis incrementaron en un 48% el peso seco de la planta en un periodo de un año y medio en comparación con el testigo sin aplicación de fósforo.

Ortiz (2000), reporta que la pitahaya (*Hylocereus undatus*) requiere más cantidad de fósforo al inicio del periodo de floración y formación de fruto. De igual manera Delgado (1997) reporta que existen diferencias en demanda de fósforo entre diferentes pitahayas es mayor en pitahaya roja que en la pitahaya amarilla.

Al incrementar la concentración de K^+ en las células, se incrementa la presión osmótica de la misma, al respecto Nobel, (1988) reportó que ocurren pequeños cambios en plantas de un año de edad en *Carnegie gigantea*, *Ferocactus acanthodes* y *Trichocereus chilensis*, que fueron cultivadas por seis meses en solución hidropónica, se incremento el nivel de K en un 10% en peso seco de los brotes incorporando a la solución K en proporción 0.1 mM.

Metral, (1995), reportó que las aplicaciones de 18-46-00 al suelo de 5 ó 10 g de $K\ m^2$ no ocasionan cambios significativos sobre la productividad de *Opuntia cochenillifera*. Para el caso del cultivo de la pitahaya a nivel comercial no es necesario realizar aplicaciones de potasio. Por su parte Ortiz (2000), reportó que se deben aplicar 33.9 kg ha^{-1} de urea, esto para el caso de la fertilización de *Hylocereus* sp.

2.9 Métodos de propagación en cactáceas

La propagación convencional ha sido poco desarrollado pero se sabe que las fuentes de nuevos individuos son dos: semillas y propagación vegetativa, sin embargo, la propagación convencional en cactáceas representa una alternativa para los países carentes de tecnología y recursos económicos que permitan el aprovechamiento comercial de sus recursos naturales. No obstante, estos métodos de multiplicación de bajo costo se han utilizado tradicionalmente en Europa, Japón y Estados Unidos, donde se inicio la comercialización de las cactáceas como plantas de ornato (Reyes, 1997).

Existen dos métodos para la propagación de cactáceas: los métodos de propagación biotecnológica (a través del cultivo de tejidos) y los de propagación convencional. Los métodos de propagación convencional comprenden la propagación por semilla y vegetativa (hijuelo, esquejes o injerto) (Rubluo *et al.*, 1996; Rojas y Vázquez, 2000).

2.9.1 Propagación por semilla

La propagación por semilla en cactáceas es un proceso difícil de darse en su medio natural, debido a los problemas de germinación que presentan las semillas producto de las condiciones ambientales adversas a las cuales se encuentran sometidas (Bravo, 1994; Maiti *et al.*, 2002 y March, 1997).

Este método de propagación, es el más importante desde el punto de vista comercial. La mayoría de las cactáceas producen gran cantidad de semilla y por lo tanto permiten la obtención de miles de plantas con variación genética (Álvarez y Montaña, 1997).

En la mayoría de ellas necesitan tres factores: agua, temperatura y luz, para lograr que las semillas germinen (Vázquez *et al.*, 1995). Maiti *et al.*, (1994) desarrollaron una técnica sencilla para inducir la germinación de varias especies de cactáceas.

La técnica consiste en la germinación de las semillas dentro de cajas petri con arena fina y material orgánico, dentro de una cámara de crecimiento con un fotoperiodo de 14 h, considerándose a la luz necesaria para la germinación, al incluir al fotocromo para la germinación.

2.9.2 Propagación por vástagos o hijuelos

Propagar plantas a través de semillas resulta más lento que hacerlo por reproducción vegetativa, pero es la forma más sencilla y económica de obtener una colección variada, por otra parte, las semillas ayudan a crear reservas de plantas que se encuentran en peligro de extinción (Toogood, 2002).

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

Este es un método de propagación muy eficiente ya que las plántulas propagadas de manera asexual tienen mayor vigor que las propagadas por medio de semilla.

Dividir los cactus y otras plantas suculentas es una tarea relativamente sencilla y supone una forma única de propagación de híbridos, formas selectas y plantas variegadas que no suelen reproducirse fielmente a partir de semillas (Harman y Kesters's, 2002).

2.9.3 Propagación por esqueje

Algunos cactus y otras plantas suculentas no florecen bien y no siempre es fácil comprar semilla por lo que los esquejes se convierten en la opción más viable para su propagación, los esquejes de plantas suculentas tienen la ventaja que, gracias a su tejido carnoso, conserva nutrientes y agua que utilizara hasta el momento que se establece en maceta (Harman y Kester's, 2002).

El método asexual es el más fácil para propagar cactáceas, el cual consiste en fragmentar un tallo en varios trozos, que deben dejarse cicatrizar en un lugar seco y ventilado (López, 2006).

El mejor momento del año para tomar los esquejes de la mayoría de los cactus es a finales de la primavera sobre todo en las zonas de clima frío, ya que es el mejor momento en el cual inicia la época de calor, el ambiente está seco y las plantas inician su crecimiento más intenso otra alternativa es proporcionarle a los esquejes las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y luz para su enraizamiento (Toogood, 2002). La mayor parte de cactus columnares se pueden propagar mediante esquejes de tallo. Plantas de *Epiphyllum o Schlumbergera*, suelen enraizar fácilmente a partir de esquejes de su propio tallo plano (Cordero, 1999).

2.9.4 Propagación por injerto

Los orígenes del injerto se reportan a la antigüedad, hay pruebas de que el arte de injertar era conocido por los chinos cuando menos desde el año 1000 A. C. este método consiste en unir porciones de dos plantas distintas, para ayudar a aquellas que tienen dificultad para vivir directamente en el suelo y también para obtener ejemplares raros o ilustrativos, esta técnica es de utilidad para salvar especies en peligro de extinción ya que se puede acelerar el desarrollo y crecimiento de plantas que han perdido el sistema radical (Harman y Kester's 2002).

De las partes de la planta a unir, a una se le llama injerto; el cual se inserta en el tallo de la otra planta, denominada patrón o portainjerto se convierte en su soporte y le proporciona los elementos necesarios para su crecimiento, de tal manera que se logra una íntima conexión entre ambas partes por medio de la generación de los tejidos de conducción, que permite el crecimiento como una sola planta (Anderson, 1997; Baldini, 1992).

En México las cactáceas son apreciadas como plantas de ornato, existen pocas empresas productoras de estas, con fines de ornamentales, en contraste con España, China, Japón y Estados Unidos de Norteamérica que propagan cactáceas de forma comercial, hay cactus que son difíciles de cultivar debido a su lento crecimiento en su habiudad natural o en sustrato, a su escaso sistema radicular por lo cual es difícil que crezcan a partir de sus propias raíces, por su gran sensibilidad a la humedad, así mismo existen otras de crecimiento muy lento y falta de pigmentos fotosintéticos, no tienen la capacidad de sobrevivir por sí mismos como es el caso de los *Gymnocalycium mihanovichii*, *Rebutias*, *Astrophytum* y las *Lobivias* (Arévalo, 2000; Reyes y Arias, 1997).

El injerto es de utilidad en los siguientes casos:

- 1) En los cactus de colores (rojo, rosa, anaranjado o amarillo) que carecen de clorofila (pigmento verde) que son incapaces de sobrevivir por sí mismos. Se recurre a injertarlos sobre un pie o portainjerto que les suministre el alimento. Por ejemplo, *Lobivias* amarillas, *Gymnocalyciums* de color rojo.
- 2) Las plantas crestadas cactus arrugados, parecidos a cerebros. La explicación de sus extrañas formas no están del todo claras. Es raro que florezcan y den semillas, así que para propagarlos se esquejan o se injertan. Además, su crecimiento es más rápido injertado y no está en contacto con el sustrato para evitar que se pudra.
- 3) Para salvar a una planta cuyo tallo o raíces se estén pudriendo. La solución es cortar el tallo e injertarlo sobre un pie sano.
- 4) Una especie de crecimiento lento injertada sobre un patrón vigoroso crecerá más rápido. De esta manera se obtienen esquejes pronto o se acelera la floración y con ello la obtención de semillas. Los productores los podrán vender antes.
- 5) Los patrones o portainjertos confieren a algunos tipos de cactus mayor resistencia a la pudrición y al frío.
- 6) Se realizan también sobre un pie alto y se injerta una especie que tienda a crecer hacia abajo (decorativo).

7) Acelerar la floración.

8) Obtener mayor producción de frutos

9) Obtener semilla de especies de difícil propagación. (Anderson, 1997; Felker, 2003).

Desde el punto de vista anatómico la unión entre plantas se inicia dentro del anillo de los haces vasculares donde se encuentra el xilema, que se encarga del transporte de nutrimentos y el agua a través de la planta desde las raíces.

En el exterior se encuentra el floema que almacena la energía y el agua y se encarga de los productos de desecho. El xilema, el cámbium y el floema juntos, forman el cuerpo o sistema vascular, para conseguir un injerto con éxito el xilema, el cámbium y el floema de ambas plantas; deben coincidir lo más posible (Harman y Kester's, 2002).

En teoría todos los cactus se pueden injertar en otros, pero las especies que se emplean a menudo como portainjertos en las cactáceas son:

- *Hylocereus (Hylocereus undatus)*: los más utilizados. La razón es porque crecen rápidamente y toleran suelos húmedos. Su inconveniente es que a los pocos años mueren y con él, el injerto (injerto temporal). No duran más allá de 5 años. Se puede ir re-injertando cada 2-3 años.
- *Echinopsis pachanoi, E. brigdesii, E. macrogonus, E. peruvianus* son porta-injertos más duraderos, es decir, para tener un injerto largo tiempo sobre ellos.
- *Trichocereus pachanoi, T. spachianus, T. macrogonus, T. fulvianus o T. pasacana*: son cactus columnares muy indicados para aquellas especies que tienen que soportar climas fríos y un substrato seco en invierno.
- *Echinopsis multiplex y otros Echinopsis*: todos son de fácil cultivo y tienen a su favor que producen gran cantidad de hijuelos que, a su vez, también pueden utilizarse como portainjertos ó injerto (Anderson, 1997; Toogood, 2002).

Los sistemas de injertos más utilizados en cactáceas son de caras planas, de cuña y lateral. En la mayor parte de los injertos se precisa que la planta injertada y el patrón sean de la misma familia. Los porta-injertos más utilizados es la pitahaya (*Hylocereus undatus*), dado que esta

planta tiene un crecimiento vigoroso en climas cálidos, pero necesita una temperatura de 15 °C. en invierno También se pueden emplear como patrón las especies de los géneros *Pereskopsis*, *Myrtillocactus*, *Stenocereus* y *Pachycereus* (Toogood, 2002).

El injerto de caras planas es el más utilizado porque es el más sencillo y rápido, suele dar buenos resultados y se realiza desde finales de primavera a mediados del verano. Consiste en cortar a lo largo de un trozo del extremo de una planta vigorosa con un cuchillo se deja una base de 2.5 a 5 cm de alto en la maceta, la planta a injertar se corta de un solo tajo para colocarla sobre el patrón. Si el anillo del haz vascular del patrón e injerto tienen el mismo diámetro coinciden los haz vasculares al unir la planta.

Este tipo de injerto produce raíces de varias areolas, es utilizado generalmente en tallos globosos como es el caso de las *Mammillarias*, *Rebutia*, *Gymnocalycium*, *Echinocactus*, etc. (Harmann y Kester's, 2002).

La mejor época para efectuar injertos es primavera y principios de verano. En pleno verano y hasta principios de otoño también se pueden hacer, pero los resultados no serán muy buenos. El invierno es la estación más desfavorable para la realización de injertos, puesto que se necesita que las especies estén en crecimiento activo para que pueda amarrar el injerto. Si se cuenta con un invernadero o interior para controlar la luz y la temperatura (calefacción), se amplían las posibilidades de éxito (Cordero, 1999; y Arévalo, 2000).

2.9.5 Injertos en cactus mutantes cromáticos

E. Watanabe y K. Kitoh en 1930, importaron de Alemania 300 semillas de *Gymnocalycium mihanovichii* y las sembraron. En 1940 obtuvieron plantas adultas y por lo consiguiente 10 mil semillas, las cuales fueron plantadas y observaron dos plantas levemente enrojecidas posteriormente se multiplicaron por hijuelos y de toda esa segregación de colores obtuvieron un color rojo que se popularizo comercialmente injertado sobre pitahaya (Kobayashi, 1996).

En la actualidad se conocen más de 50 mutantes cromáticos de *Gymnocalycium mihanovichii* a los que se ha dado nombre de cactus cromáticos (Arévalo, 2000).

A partir de 1970, se han producido otros mutantes cromáticos en cactáceas, específicamente en *Gymnocalycium spp.*, *Echinopsis silvestrii* y *Parodia scopa*, que han incursionado en el comercio internacional en grandes cantidades; se reproducen vegetativamente utilizando brotes de las plantas progenitoras injertadas.

Todos los especímenes de mutantes cromáticos se injertan en cactus patrones reproducidos artificialmente. Esos patrones se producen a partir de plantas progenitoras seleccionadas, principalmente *Harrisia "Jusbertii"* e *Hylocereus spp* (Troubatchow, 1997). Los injertos de cactáceas son plantas admiradas en todo el mundo, aproximadamente 15 millones de injertos se comercializan en el mercado internacional, de los cuales Korea produce aproximadamente 10 millones; 50 nuevos cultivares de brillantes colores fueron desarrollados y cultivados por The Nacional Horticultural Research Instituto (NHRI) y el Rural Development Administration (RDA), y Goyang Cactus Experiment Station, Gyeonggi Province (Myeong *et al.*, 2004). La injertación de los cactus es una industria estable en Corea, debido a que está en constante introducción de nuevos injertos y nuevas técnicas de cultivo (Lee y Oda, 2003). Korea exporta injertos de cactus a más de 20 países incluyendo, Estados Unidos, China y Canadá, de los cuales el 70% son injertos de *Gymnocalycium mihanovichii*, el 20% de *Lobivia silvestrii* y *Notocactus scopa*, y el 10% restante corresponde a *E. leningaussi* y *G. baldianum* (Myeong *et al.*, 2004).

2.10 Descripción y características de la pitahaya (*Hylocereus sp.*)

La pitahaya (*Hylocereus spp.* Britton and Rose) de origen mesoamericano. Es una planta perenne, suculenta, epífita o rastrera que crece generalmente sobre árboles o bardas de piedra, de las cuales se sujeta a través de sus raíces adventicias.

Sus tallos son generalmente triangulares, con tres aristas simétricas y grupos de 3 a 5 espinas de 2 a 4 mm de longitud, ubicadas sobre las areolas; la epidermis es una capa cerosa de aproximadamente 1 mm de grosor. Cada una de estas características varía, dependiendo de la especie y/o variedad observada (Bravo, 1978; Calix, 1996).

Las pitahayas tienen dos tipos de raíces; a) la raíz principal la cual está presente cuando la planta es obtenida por la vía sexual (por semilla), la cual se origina de la radícula y que al poco tiempo deja de desarrollarse y se atrofia, y b) las raíces adventicias basales y aéreas que en ambos casos surgen del haz vascular (Castillo *et al.*, 1996; Rodríguez, 1997).

Las flores son hermafroditas, acampanadas, blancas y de gran tamaño (20 a 30 cm). Poseen aproximadamente 20 sépalos, 20 estructuras de transición de sépalos a pétalos y 20 pétalos; más de 1000 estambres y un ovario ínfero.

La apertura de su flor solo ocurre durante la noche, en la cual los estambres están completamente erectos y el estilo adopta una posición de reposo con el estigma hacia las anteras para facilitar la polinización que es realizada, aparentemente, Ortiz, (1995) menciona a las abejas como los principales polinizadores, pero también evidencias de la presencia de murciélagos nectarívoros como posibles polinizadores nocturnos (Fleming y Nassar, 1998; Álvarez *et al.*, 1998). El fruto es una baya de color rojo púrpura, compuesto por brácteas o escamas, formaciones salientes que le dan el nombre de "pitahaya orejona".

De forma ovoide y globoso, mide de 10 a 12 cm y posee una pulpa muy dulce formada por filamentos granulados, y al extremo de cada filamento se encuentran las semillas lustrosas y pequeñas, (Aponte y Guerrero, 1990).

Las semillas miden 3 milímetros de diámetro y son muy numerosas, de color café oscuro o negro, se encuentran distribuidas en toda la pulpa y contienen aceite. La gran diversidad de colores de la pulpa, que van del blanco grisáceo al rojo intenso, es lo que le da la característica de "fruto exótico" en el mercado internacional. El cultivo de la pitahaya se desarrolla desde 0 hasta 1850 metros sobre el nivel del mar.

Requiere de temperaturas entre los 18 y 26 °C, la planta necesita una intensidad de luz de moderada a alta para su desarrollo adecuado, se debe establecer a libre exposición con una luminosidad mínima de 1500 horas luz/año, faltando aún por determinar el intervalo óptimo de ésta (Prada y Ruiz, 1990).

La precipitación apropiada está comprendida entre los 1500 y 2000 milímetros anuales. Prefiere los climas cálidos subhúmedos (clasificados Aw, de acuerdo a Köppen modificado por García, (1988), pero también se adapta a los climas secos (Rodríguez *et al.*, 1993). En México, las zonas donde se encuentra van de los 400 mm anuales (Zapotitlán, Puebla), hasta los 3502 mm (Escuintla, Chiapas), clasificadas desde semiáridas (BS), hasta trópico húmedo (clasificación de Köppen modificado por García, 1998).

Los informes más recientes sobre la distribución de *Hylocereus* en México (Calix, 1996), manifiestan que se desarrolla desde los 2 m.s.n.m. (Puerto Vallarta, Jalisco), hasta los 2 750 m.s.n.m. (El Oro y Vía de la Victoria, Estado de México), en zonas con precipitaciones anuales de 430 mm (Metztitlan, Hidalgo), hasta zonas con 3 500 mm (Escuintla, Chiapas), y temperaturas promedio anuales de 13 °C (San Rafael, Estado de México) a 28.5 °C (Arriaga, Chiapas), lo que habla de la capacidad de adaptación de este género, es decir, indica una gran plasticidad genética (Bárceñas, 2006).

La planta crece en suelos livianos como los de textura franco-arenosa con alto contenido de materia orgánica. Suelos de excelente drenaje son los ideales ya que la pitahaya posee gran habilidad para absorber y retener agua y nutrientes por sus tallos y el exceso de humedad en el suelo perjudica al incrementarse los problemas fitosanitarios, principalmente la presencia de hongos.

Al evaluar el efecto del tipo de suelo en el establecimiento de esquejes de pitahaya (*Hylocereus undatus*), Bárceñas *et al.*, (2002), observaron que el mayor número de raíces se presenta en suelos de textura arenosa, sin embargo, el mayor número de brotes y la determinación de zonas potenciales para el establecimiento de plantaciones de pitahaya mayor velocidad de crecimiento se obtuvo en las estacas establecidas en suelo franco arcilloso. Con relación a la fertilidad del suelo, la planta responde en forma favorable a las aplicaciones de materia orgánica como gallinaza y bagazo de caña (Prada y Ruiz, 1990).

El pH del suelo que se menciona como óptimo para su crecimiento está entre 5.5 y 6.5 (Alonso, 1992), aunque se ha observado crecimiento de brotes en soluciones ácidas con valores de pH cercanos a 3 (Acevedo *et al.*, 1996).

Aún cuando la pitahaya se desarrolla en suelos salinos como los mencionados por Cruz *et al.* (1995), en Tehuacán, Puebla (CE de 12 dS m⁻¹, pH de 7.3), se ha observado que un alto contenido de sales en el suelo no es bueno para el cultivo, porque hace muy lento el desarrollo de las plantas (Acevedo *et al.*, 1996).

Castillo *et al.* (1996), identificaron que los suelos en donde se han encontrado diversas especies de pitahaya van de vertisoles a litosoles, pedregosos, someros, erosionables y aún en suelos de 10 cm de profundidad se desarrolla adecuadamente.

2.10.1 Enraizamiento de esquejes

El material que se utilizará en la propagación vegetativa de *Hylocereus undatus* deberán ser de plantas adultas o en etapa de producción, cuyos tallos tengan al menos dos años de edad. Las plantas “madre” deben ser vigorosas, no presentar daños de sol, plagas y o enfermedades. No es conveniente utilizar esquejes muy largos porque se dificulta su manejo (Livera, 1991; Rodríguez, 1997; Ortíz, 1999).

Las estacas o esquejes deben ser lavadas con un detergente e inmediatamente después sumergirlas durante 5 minutos en una solución desinfectante de 10 g de fungicida Ridomil-Bravo[®] más 10 g de bactericida Agrimicin 500[®], en 10 litros de agua (Ortíz, 2000).

La pitahaya se adapta a climas tropicales y subtropicales del continente Americano, prefiere suelos ricos en materia orgánica, no son susceptibles a áreas con temperaturas altas (>102°C) e intensidades de luz intensas (Zee, 2004).

Los esquejes se cortan en trozos de 10 cm de largo y se mantienen en sombra a bajas temperaturas en un periodo de 5-7 días con el fin de estimular la emisión de raíces y la cicatrización de los cortes; una vez emergidas las primeras raíces se siembran en un sustrato rico en materia orgánica (Chang y Yen 1997).

2.11 Características de las especies injertadas

2.11.1 *Lobivia sylvestrii forma aurea*

El género *Lobivia* tiene su origen en Sudamérica, donde Bolivia, posee la mayor cantidad de especies dicho género engloba 70 especies. Presentan areolas blancas provistas de púas; se hallan ubicadas sobre las costillas poco sobresalientes (de 15 a 20 según la especie), la reproducción resulta fácil por medio de esquejes de los retoños, la floración es intensa de color rojo púrpura hasta amarillo intenso (Nessmann, 1994).

2.11.2 *Notocactus leninghausii*

Género originario de Sudamérica específicamente de Brasil, esta especie presenta tallos globulares, que se van volviendo cilíndricos lentamente a medida que el ejemplar envejece, alcanzando hasta 1 m de altura y 10 cm de diámetro. Raramente emite brotes desde la base o en la parte apical (a menos que sea dañada). El ápice es redondeado en los ejemplares jóvenes y oblicuo en los de más edad. Las costillas son poco prominentes y se disponen en número de 30 o más. Las espinas radiales son delgadas y sedosas, se presentan en número de 15 aproximadamente, miden unos 5 mm de longitud y son de color amarillo, las espinas centrales, delgadas y dobladas hacia abajo, son entre 3 y 4, miden unos 4 cm de longitud y son de color dorado (Glass, 1998). En el momento de su aparición, las espinas son de color rojizo y forman en el ápice un pequeño grupo erguido característico de la especie.

Las flores miden unos 4 cm de longitud y 5 cm de diámetro, aparecen en las proximidades del ápice y son de color amarillo.

2.11.3 *Copiapoa tenuissima forma cristata*

Género originario de Sudamérica, específicamente de Chile, los tallos están a ras o bajo la superficie del suelo; en cultivo, semiesférico a alargado; solitario, pero a menudo provisto de múltiples hijuelos, por perturbaciones en el ápice de crecimiento; de 2 a 5 cm de diámetro, epidermis oscura y ápice hundido y provisto de fieltro blanquecino. Raíz larga y gruesa, costillas casi disueltas en mamilas; se van haciendo espiraladas y más notorias con la edad (13-16 años).

Areolas con abundante fieltro, especialmente cuando son nuevas, y provistas de espinitas finas, aciculares, de 3 a 8 mm. de longitud, con color variable, que va de amarillo a negruzco, derechas o algo curvadas; frecuentemente faltan las espinas centrales.

Flores apicales, de 2 a 2.5 cm de largo; se mantienen durante varios días, pero cerrándose en las noches; amarillo claras por dentro y café-rojizas o con tonalidades violetas por fuera. Fruto redondeado, verde a marrón; contiene semillas negras y brillantes.

Es una cactácea en de las costas del sur de Antofagasta, en Chile, se encuentran en lugares muy puntuales (Glass, 1998).

III. RESUMEN DE REVISIÓN DE LITERATURA

En México la Familia de las Cactáceas está representada por 67 géneros y 925 especies plenamente identificadas de las más 2000 existentes en el mundo. En esta Familia se encuentran plantas de valor evolutivo, ecológico, histórico-cultural y económico

Los géneros más utilizados como plantas de ornato son: 1) *Ariocarpus*, 2) *Echinocereus*, 3) *Epiphyllum*, 4) *Gymnocalycium*, 5) *Lobivia*, 6) *Notocactus*, 7) *Rebutia*, 8) *Sulcorebutia*, 9) *Mammillaria*, 10) *Echinocactus*, 11) *Opuntia*, 12) *Stenocereus* y 13) *Pachycereus*.

La propagación de cactáceas se realiza mediante:

- ✓ Métodos biotecnológicos, a través de cultivo de tejidos.
- ✓ Métodos convencionales, mediante la propagación por semilla y partes vegetativas (hijuelos, esquejes o injertos).

El injerto en cactáceas se realiza en especies con problemas de:

- ✓ Lento crecimiento.
- ✓ Escaso sistema radical.
- ✓ Falta de pigmentos fotosintéticos.
- ✓ Para mantener especies con categoría amenazadas o en peligro de extinción.
- ✓ Así como para obtener ejemplares raros o ilustrativos.

Los géneros de la familia de las cactáceas que más se utilizan como porta injerto son: *Hylocereus*, *Stenocereus*, *Myrtillocactus*, *Pachycereus* y *Pereskia*.

La fertilización de cactáceas propagadas en vivero se realiza utilizando mezclas comerciales (PETERS), sin dejar en tomar en cuenta los nutrimentos los cuales se aplican mediante aspersiones foliares como el caso de la pitajaya. Con la aplicación de soluciones nutritivas en cultivo hidropónico utilizando materiales inertes como sustrato, se favorece el desarrollo de *Echinocactus grusonii* y las *Opuntias*; *rastreras* y *O. phaeacantha*.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del experimento

Los experimentos se llevaron a cabo en el periodo comprendido entre mayo a noviembre del 2006, en un invernadero tipo bunker con cubierta de vidrio y estructura de acero galvanizado, del área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados campus Montecillo, la temperatura promedio máxima registrada fue de 38 °C y la mínima de 19 °C. En la presente investigación se establecieron tres experimentos: en el primero se utilizó como portainjerto a *Hylocereus trigonus*, en el segundo a *Hylocereus undatus* y en el tercero plantas sin injertar.

4.2. Plantas con injerto

4.2.1 Experimento I

Se llevo a cabo el 23 de Junio del 2006, se utilizó a *Hylocereus trigonus* como portainjerto y tres especies de cactáceas como injerto: *Lobivia sylvestrii* forma aurea, *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata. El material vegetal utilizado como injerto y los esquejes de *Hylocereus trigonus* se adquirieron en el vivero “Cultivadores de cactus de México” S. A de C. V. Ubicado en Av. Independencia 1607 Col. Sta. María Texmanitla, Tlaxcalancingo, Puebla. C. P. 72820.

4.2.2 Experimento II

El 12 de Julio del 2006 se realizaron injertos, para ello se utilizó a *Hylocereus undatus* como portainjerto y tres especies de cactáceas como injerto: *Lobivia sylvestrii* forma aurea, *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata. Los esquejes de *Hylocereus undatus* se compraron en el vivero “Pitahayas de San Lorenzo”, perteneciente al INIFAP-Puebla, ubicado en San Lorenzo Metepec, Municipio de Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Puebla. Estos portainjertos se eligieron por la adaptabilidad y vigor que presenta así como la cantidad de mucílago que posee esta variedad en comparación con otras pitahayas.

Para ambos experimentos, los esquejes de Pitahaya utilizados como portainjertos fueron obtenidos a partir de la poda realizada a plantas en pleno desarrollo vegetativo en el periodo de primavera 2006.

4.3 Manejo de portainjertos

Los esquejes de los tallos de *Hylocereus trigonus* e *Hylocereus undatus* fueron cortados en segmentos de 10 cm de longitud con una navaja previamente desinfectada con alcohol etílico al 96%, para fines prácticos la parte inferior de estos se identifico realizando un corte en forma piramidal. Se desinfectaron sumergiéndolos en una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 10 min y un triple lavado con agua corriente, se dejaron escurrir, posteriormente fueron tratadas con una solución de Captan Ultra (1 g L⁻¹ de agua) con el fin de prevenir problemas con enfermedades fúngicas. Para promover la formación de raíces, la parte inferior del esqueje se sumergió en un vaso de precipitado con Radix 10 000 en polvo.

Los esquejes se colocaron sobre un bancal de madera dentro del invernadero e y permanecieron durante tres días para permitir la cicatrización de la zona del corte, posteriormente a partir del cuarto día, se colocaron dentro de una caja de cartón durante siete días más para proporcionarles oscuridad y acelerar el proceso de emisión de raíces.

4.4 Trasplante de esquejes a macetas

Al onceavo día, los esquejes de ambas especies se trasplantaron en macetas negras de 4 pulgadas de diámetro, utilizando como sustrato tezontle con una granulometría menor a 10 mm, (el cual se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 10 minutos, para posteriormente someterlo a triple lavado con agua corriente).

Previo al trasplante los esquejes se hidrataron durante dos horas en agua corriente y las macetas fueron regadas a saturación. Los esquejes establecidos en macetas se regaron cada tercer día aplicando 80 mL de agua destilada.

4.5 Preparación de hijuelos utilizados como injerto

Los hijuelos de *Lobivia sylvestrii* forma aurea y *Copiapoa tenuissima* forma cristata se separaron de la planta madre tomándose con las yemas de los dedos (pulgar e índice) y realizándose giros circulares para facilitar su desprendimiento de la planta madre. En *Notocactus leninghausii*, se utilizaron plantas provenientes de almácigo. Los hijuelos y plantas utilizadas como injerto en los dos experimentos citados, se clasificaron por su

diámetro inicial, en promedio para: *Lobivia sylvestrii* forma aurea fue de 11.7 mm (experimento I) y 11.5 mm (experimento II), *Notocactus leninghausii* (20 mm y 19.8 mm) y *Copiapoa tenuissima* forma cristata (14.3 mm y 14.2 mm).

4.6 Realización de injertos

Los portainjertos se clasificaron de acuerdo al diámetro promedio inicial de 17.52 mm para *Hylocereus trigonus* y 25.1 mm en *Hylocereus undatus*. La técnica de injerto utilizada fue la de caras planas o planaje, para esto se realizó un corte transversal en el portainjerto a una altura de siete centímetros de longitud a partir de la base del sustrato (Figura 1A). Para evitar que el portainjerto liberara el injerto durante el proceso de cicatrización se realizó un corte de cuatro milímetros de ancho a 45° en cada una de las costillas del portainjerto a nivel del corte transversal (Figuras 1B y 1C), con el fin de mantener hidratado el portainjerto se colocó el tejido restante del tallo del patrón o portainjerto sobre este.

El corte del injerto se realizó de acuerdo a la especie injertada. Para *Lobivia sylvestrii* forma aurea, se realizó un corte diagonal de 45° a partir de la parte lateral derecha a izquierda a una altura de 5 mm; para realizar el tipo de injerto caras planas con corte lateral de 45° del injerto. Para las especies de *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata, el corte se realizó al final de la zona del tejido verde del tallo e inicio de la coloración grisácea de la raíz (Figura 1D); se efectuó el corte transversal sujetando la parte más globosa del tallo del injerto con la yema de los dedos (pulgares e índice), para este caso el tipo de injerto que se realizó fue también el de caras planas (Figura 1E). Una vez realizados los cortes se colocó el injerto sobre el portainjerto frotándose circularmente con el fin de combinar el mucílago de ambos materiales para tener mayor posibilidad de prendimiento del injerto (Figura 1F). Se colocaron dos ligas en forma de X para hacer presión del injerto contra el portainjerto (Figuras 1G y 1H). Los injertos se colocaron en un bancal de madera y permanecieron 102 días, para evitar quemaduras se evitó la exposición directa al sol, mediante el uso de una malla sombra al 40%. Las ligas se retiraron al quinto día después de realizado el injerto, sujetándose los extremos con las yemas de los dedos índice y pulgar para evitar el daño del injerto y realizando un corte con unas tijeras en la en la liga a la altura de la parte media de la maceta (Figura 1H). Al séptimo día se aplicó un riego con agua corriente.



Figura 1. Injertación: A) Corte transversal en portainjerto (*Hylocereus trigonus*), B) Corte de 45° en cada costillas del portainjerto, C) Portainjerto listo para ser injertado, D y E) Corte transversal en el injerto, F) Injertación de ambos materiales (injerto y portainjerto), G y H) Colocación de ligas y I) Injerto a los 30 días después de haberse realizado la injertación.

4.7 Diseño de tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño de tratamientos factorial 4 x 3, teniendo como factores: A) tres soluciones nutritivas y agua acidulada y B) tres especies de cactáceas.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental bloques completamente al azar con cinco repeticiones teniendo un total de 60 unidades experimentales por experimento establecido (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en el experimento I y II.

Tratamiento	Descripción
1	Solución de Steiner al 25% aplicada a <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea
2	Solución 2:2:4 de NPK al 25% aplicada a <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea
3	Solución La Molina al 25% aplicada a <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea
4	Agua destilada acidulada (Testigo) aplicada a <i>Lobivia sylvestrii</i> forma aurea
5	Solución de Steiner al 25% aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
6	Solución 2:2:4 de NPK al 25% aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
7	Solución La Molina al 25% aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
8	Agua destilada acidulada (Testigo) aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
9	Solución de Steiner al 25% aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata
10	Solución 2:2:4 de NPK al 25% aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata
11	Solución La Molina al 25% aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata
12	Agua destilada acidulada (Testigo) aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata

4.8 Aplicación de solución nutritiva

Las soluciones nutritivas se aplicaron al 25% de la concentración total (Cuadro 2), en forma gradual a partir del día 13 después de realizado el injerto, iniciándose su aplicación a una concentración del 5%, la segunda aplicación fue a los 20 días a una concentración del 10%, el tercer y cuarto riego se aplicaron a los 27 y 35 días a una concentración del 15 y 20 % y finalmente el quinto riego se aplicó a los 42 días después de realizado el injerto al 25 % concentración que se mantuvo hasta los 102 días que finalizó el experimento.

Cuadro 2. Componentes de las Soluciones nutritivas al 100 %.

Solución	Componentes (meq L ⁻¹)					
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
De Steiner	12.0	1.0	7.0	7.0	9.0	4.0
2:2:4 de NPK	4.0	4.0	12.0	8.0	8.0	4.0
La Molina	12.8	12.0	3.7	5.4	8.5	3.7

La solución de micronutrientos (Cuadro 3) se incorporo al 100% de su concentración, aplicándose 1 mL L⁻¹ de solución nutritiva preparada a los injertos, para cubrir las necesidades de fierro se preparó una solución madre con 22.7 g de quelato de fierro comercial al 13.2% de Fe-EDTA (Librel[®]) en un litro de agua, aplicando a los injertos 1 mL L⁻¹ de solución nutritiva preparada. Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron cada 15 días, durante el primer mes de establecido el experimento, posteriormente se aplicaron una vez por semana.

Cuadro 3. Componentes de la solución concentrada de micronutrientos.

Sal	g L ⁻¹
H ₃ BO ₃	2.88
MnSO ₄ · H ₂ O	1.81
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.18
NaMoO ₄ · H ₂ O	0.02

4.9 Variables de respuesta durante el desarrollo del injerto

Las variables que se consideraron en los experimentos I y II a partir de los 42 días de realizado el injerto fueron:

4.9.1 Incremento en el diámetro del injerto

El diámetro del injerto se midió a los 42, 57, 72, 87 y 102 días después del injerto con un vernier digital, tomando la parte media del injerto de cada especie en evaluación.

4.9.2 Incremento en el diámetro del portainjerto

El diámetro del portainjerto se midió con un vernier digital, registrándose la parte media del portainjerto a la altura del tope de la maceta, los muestreos se hicieron a los 42, 57, 72, 87 y 102 días de injertados

4.9.3 Número de brotes por injerto (hijuelos)

Una vez realizado los injertos se contabilizó mensualmente el número de brotes que emitieron del injerto en cada solución nutritiva y el testigo (agua acidulada).

4.9.4 Número de flores por planta

El número de flores por planta se contabilizó desde la primera flor emitida hasta la última flor que abrió.

4.9.5 Número de frutos

Al finalizar el periodo de floración se contó el número de frutos presentes por planta en cada tratamiento.

4.10 Variables de respuesta a los 102 días de realizado el injerto

4.10.1 Diámetro final del injerto

El diámetro final del injerto se midió con un vernier digital a los 102 DDI, tomando la parte media del injerto de cada especie en evaluación.

4.10.2 Diámetro final del portainjerto

El diámetro final del portainjerto se midió con un vernier digital a los 102 DDI, registrándose en la parte media del portainjerto a la altura del tope de la maceta, altura que se marco con un bolígrafo a los 0 DDI con una línea transversal sobre el tallo del portainjerto.

4.10.3 Altura final del injerto

Se registro la altura final del injerto a los 102 DDI con la ayuda de un vernier, la cual se considerara a partir de la zona de unión a la zona apical del injerto.

4.10.4 Desarrollo de raíz

A los 102 días después de realizado el injerto, se aflojo el sustrato de las macetas, se lavaron las raíces del injerto en cada tratamiento con agua corriente, se clasificaron de acuerdo al crecimiento registrado en cinco escalas 1) Raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente, 2) Raíces pivotantes cortas 3) Raíces fibrosas con buen desarrollo 4) Raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo

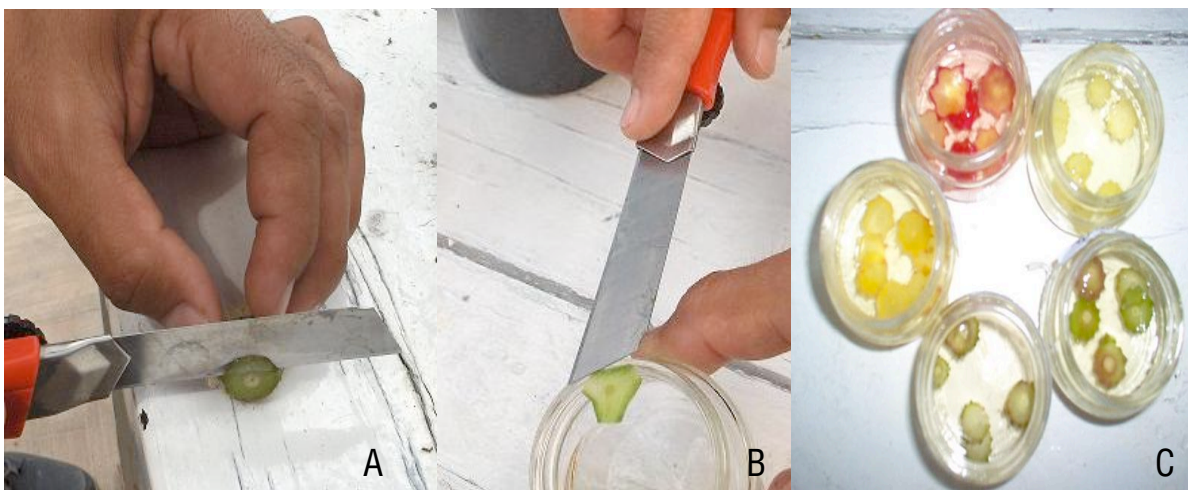
4.11 Observación de cortes anatómicos con la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

Solo para el experimento I se observaron las líneas de fusión en la zona de unión del injerto y portainjerto, se tomaron muestras de los cortes antes de realizar el injerto (día 0), al final del experimento (a los 102 días), se selecciono el injerto más desarrollado en función de los tratamientos, los cortes que se realizaron en la toma de muestras del injerto fueron corte transversal y longitudinal.

Las muestras se procesaron con la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB), en el Laboratorio de Microscopia Electrónica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. La técnica consiste en 5 procesos que fueron: a) Toma y fijación, b) Deshidratación, c) Secado, d) Montaje de la muestra, e) Almacenamiento.

4.11.1 Muestreo de material vegetal

La toma de muestras se llevó a cabo al momento de realizar el corte de los materiales a injertar (Figura 2A), y a los 102 días después de realizado el injerto, se utilizó glutaraldehído al 3% disuelto en una solución Buffer de fosfatos (0.2M, a pH 7.4), como fijador para proporcionar resistencia estructural interna (fijar las proteínas), con el objetivo de conservar las muestras hasta el momento de procesarlas (Figura 2B y 2C), para su posterior observación en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), las muestras se mantuvieron en refrigeración en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Recursos Naturales (IRENAT) del Colegio de Postgraduados.



Figuras 2. Toma de muestra para su observación en el MEB; A) Corte de la muestra, B) Colocación de la muestra en el fijador, C) Muestras colectadas de cada especie injertada.

4.11.2 Deshidratación de las muestras

Previo a la deshidratación de las muestras, éstas se lavaron para eliminar la solución fijadora, posteriormente se procedió a deshidratarlas para extraer toda el agua de la muestra, para sustituir el agua por alcohol etílico.

Como el fijador utilizado estaba en un medio acuoso la deshidratación se inicio a partir del 10% de alcohol etílico y después se aumento gradualmente 10% la concentración de alcohol etílico en cada lavado, hasta llegar al 100% de alcohol, el tiempo de permanencia de las muestras fue de una hora (suficiente para la impregnación de alcohol de la muestra), tiempo en el cual la exposición de la muestra se mantuvo en refrigeración. El último lavado se realiza tres veces con alcohol al 100% (puro).

4.11.3 Secado de muestras

Las muestras se secaron en una secadora (Sauri-780A), utilizando el método de “secado de punto crítico”, dicho proceso se extrajo toda el agua de la muestra, y el alcohol absoluto en el cual estaba inmerso el material, dicho alcohol fue sustituido por bióxido de carbono en estado líquido, sin que la muestra se hubiese secado en ningún momento, posteriormente se elevó la presión y temperatura hasta alcanzar y rebasar las condiciones de punto crítico del CO₂ con esto, el CO₂ paso del estado líquido al gaseoso sin que la muestra se sometiera a la fuerza de la tensión superficial que actuó siempre sobre el sustrato.

4.11.4 Montaje

El montaje de las muestras secas consiste en pegarlas mediante un adhesivo especial a la superficie de un portaobjetos o portamuestras, que es un cilindro de acero inoxidable, con una superficie útil de un centímetro de diámetro, antes de hacer el montaje los portaobjetos se pulieron con un abrasivo en pasta del tipo “polish” y se lavaron con un cepillo y detergente; después de lavarlos con agua, se enjuagaron con alcohol absoluto y se dejaron secar sobre un papel absorbente, posteriormente los portaobjetos se manejaron con pinzas para evitar dejar en ellos la grasa de los dedos al manipularlos. El adhesivo que se utilizó fue cinta adhesiva con pegamento por ambos lados, cortada en círculos de diámetro ligeramente menor que el del portainjerto.

4.11.5 Cubrimiento

Para que el Microscopio Electrónico de Barrido pueda obtener una señal electrónica de la preparación es necesario que esta tenga en su superficie una finísima cubierta metálica, para ello los electrones primarios, procedentes del catión electrónico, chocan con el metal que cubre la muestra y hacen que de él salgan los electrones secundarios, que constituyen la señal electrónica que el microscopio procesa para producir una imagen de video. Las muestras se recubrieron de oro durante 4 minutos en una ionizadora (Ion Sputter JFC-1100, Jeol, Fine Coat).

Para cubrir las muestras se colocaron alrededor de una placa de oro que se encuentra en el centro de una campana de vidrio de la ionizadora, en la que se hace vacío con una bomba rotatoria, esta campana funciona como un tubo de Geissler donde el oro es el cátodo, mientras que un anillo metálico que lo rodea es el ánodo, entre estos polos se aplica una corriente eléctrica de alto voltaje con lo que el gas residual dentro de la campana se ioniza, separándose en iones positivos y electrones.

4.11.6 Manejo de las muestras

Después del recubrimiento de las muestras se sacaron de la campana y se colocaron con unas pinzas en una caja petri esterilizada la cual se sello con parafilm, para evitar su contaminación o daño de las muestras dado que en estos momentos eran muy quebradizas sumamente hidrófilas y prácticamente no pesaban, luego se colocaron en una cámara de vacío en la cual permanecieron hasta el momento de observarlas en el MEB.

Las muestras se observaron en un Microscopio Electrónico de Barrido (Jeol 35-C) operando a 15 Kv. Las imágenes se capturaron en una película negativa blanco y negro Plus-X 125 asa 120 (Kodak profesional). Una vez revelada la película, se escaneo con un escáner (HP Scan Jet 4800) y las imágenes se pasaron de negativo a positivo con el procesador de imágenes (Gimp 2.2).

4.12 Análisis nutrimental del material vegetal

A los 102 DDI se muestreo el total del injerto de cada tratamiento (cinco repeticiones de cada uno) en evaluación para analizar el estado nutrimental de estos. Se realizó un corte en el punto de unión del injerto con el portainjerto, se fraccio el injerto en trozos pequeños y se colocaron en bolsas de papel etiquetadas. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Nutrición Vegetal del programa de edafología, para su procesamiento, los análisis químicos que se realizaron en el material vegetal fueron:

4.12.1 Nitrógeno total

La concentración de nitrógeno total se determinó con el Método de Microkjeldahl con el procedimiento siguiente:

- ✓ Se pesaron 0.1 g del material vegetal molido y seco y se coloco en matraces Microkjeldahl, se agrego a cada muestra una mezcla de ácido sulfúrico-salicílico (4 mL: 10 mg), mezclando de tal forma que todo el material vegetal entre en contacto con los ácidos (reposo toda la noche).
- ✓ Posteriormente se adicionó aproximadamente 0.2 g de la mezcla de sulfatos y se calentó ligeramente durante 5 minutos teniendo cuidado de evitar espumeo.

- ✓ Se hizo la destilación en la plancha de arena a una temperatura no mayor de 360 °C. Después que la solución tomo una coloración verde clara (aspecto acuoso), ésta se continuó calentando aproximadamente una hora más.
- ✓ Cuando la digestión finalizó, se dejó enfriar y se agregaron 10 mL de agua destilada, se transfirió cuantitativamente al equipo de destilación, adicionando 10 mL de NaOH y se inicio el calentamiento. El destilado fue recibido en 20 mL de solución de ácido bórico a 4% más 0.2 mL del indicador (verde de bromocresol + rojo de metilo + etanol) (3-5 gotas), hasta que alcanzar un volumen aproximadamente de 50 mL. La titulación se llevó a cabo con la solución de ácido sulfúrico 0.05 N hasta el primer cambio de color a levemente rosado. Simultáneamente se realizaron pruebas en un blanco y un testigo (Alcantar y Sandoval, 1999).

Para los cálculos, la fórmula utilizada fue:

$$\% N = \text{mL de H}_2\text{SO}_4 \times N \text{ del H}_2\text{SO}_4 \times 14$$

Donde:

% N = Porcentaje de nitrógeno.

N = Normalidad de H₂SO₄.

14 = Peso mili - equivalente del nitrógeno (mg).

4.12.2 Concentración nutrimental

La determinación por medio del procedimiento de digestión húmeda fue para: fósforo, potasio, calcio y magnesio así como los micronutrientes: manganeso, zinc, boro, fierro, cobre y molibdeno. También se determino la cantidad de sodio presente en el material vegetal. Las determinaciones se realizaron (Alcantar y Sandoval, 1999).

El procedimiento realizado para la determinación nutrimental fue:

- a) Se pesaron 0.1 g de muestra del material vegetal seco, en un matraz de digestión de 30 mL, se adicionaron 10 mL de HNO₃ concentrado y se dejó preoxidar durante toda una noche.
- b) Después de la pre-oxidación se agregaron 2 mL de HClO₄ más 1.5 mL de H₂SO₄, ambos concentrados, y se colocaron las muestras en una plancha de digestión, el proceso se inicio a baja temperatura para lograr una oxidación completa en presencia

del HNO₃, la temperatura se fue incrementando paulatinamente, evitando que la muestra se evaporara totalmente. La digestión concluyo cuando el liquido del matraz presentó un color totalmente claro y un volumen aproximado de 1.5 – 3.0 mL.

- c) Después de la digestión, se enfriaron las muestras y su contenido se transfirió a matraces volumétricos de 25 mL y se aforaron con agua desionizada, se mezclo y se filtro utilizando papel de poro cerrado libre de cenizas (Whatman No. 40). Para la determinación correspondiente se utilizó un equipo de espectrofotometría de Inducción de Plasma acoplado (IPC-AES).

4.13 Interpretación de los análisis químicos del material vegetal

La interpretación de los resultados de los análisis químicos que se realizaron al tejido vegetal de los injertos (injerto y portainjerto), se realizó utilizando el método estadístico de Desviación del Óptimo Porcentual (DOP).

El método DOP, usa la comparación de la concentración del nutrimento respecto a la norma (media del nutrimento), la cual se considera a partir del nivel óptimo nutrimental en la cual el cultivo expresa su máximo rendimiento porcentual, pero en una expresión porcentual; cuantifica la cantidad en que un nutrimento se desvía con respecto a esa norma individual. (Montañés *et al.*, 1991; Lucena, 1997; Cadahia, 1998).

Para la determinación de los Índices DOP en cada nutrimento se aplicó la siguiente fórmula para cada uno de los elementos:

$$I_A = (A - a) / a \times 100$$

Donde:

I_A = Índice del nutrimento.

A = La concentración nutrimental del dato obtenido en el análisis químico para cada uno de los nutrimentos.

a = Media del nutrimento (norma) esta se obtiene de la media de los datos de cada uno de los tratamientos para cada nutrimento.

4.14 Orden de Requerimiento Nutrimental (ORN)

Con los índices DOP producto de las concentraciones de los nutrimentos en tejido vegetal que arrojaron los análisis químicos que se les realizaron, se obtuvo el Orden de Requerimiento Nutrimental (ORN).

Una situación nutrimental óptimo para cualquier elemento, es definida por el índice cercano a cero, dando el orden de limitación tanto por exceso (índices positivos mayores a cero), como por déficit (índices con signo negativo) de cada uno de los nutrimentos considerados (Montañés *et al.*, 1991).

4.15 Índice de Desbalance Nutrimental (IDN)

Para determinar el índice de desbalance nutrimental (IDN) en cada una de las dosis de fertilización en injertos y portainjertos se tomaron en cuenta los índices DOP. El Índice de Desbalance Nutrimental (IDN), es la suma de los valores absolutos (valores desprovistos de signo) como un indicador del grado de acercamiento de una muestra a la situación nutricional óptima (Sánchez, *et al.*, 2007).

De las tres dosis de fertilización y el testigo se compararon los resultados utilizando el orden de requerimiento nutrimental (ORN), en donde se describen los nutrimentos con mayor deficiencia en el injerto y portainjerto de cada especie.

4.16 Plantas establecidas en maceta (Experimento III)

El experimento se estableció el 26 de junio del 2006, las especies utilizadas fueron: *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata, dichas especies se establecieron en macetas de color negro de cuatro pulgadas utilizando tezontle como sustrato con las mismas características e igual manejo que en los experimentos I y II.

El 23 de Junio del 2006, los hijuelos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata se separaron de la planta madre tomándolos con las yemas de los dedos (pulgar e índice) realizando giros circulares para facilitar su desprendimiento. Una vez separado se procedió a clasificarlos por su diámetro, el cual en promedio fue de 13.1 mm.

Los hijuelos se colocaron sobre un bancal para permitir la cicatrización de la zona de separación permaneciendo tres días, durante una hora en agua corriente para hidratarlas, enseguida se colocaron en las macetas que estaban saturadas al 100% de humedad.

Las plantas de *Notocactus leninghausii* presentaron un diámetro promedio de 23.5 mm, se colocaron en macetas, se les aplicó cuatro riegos con agua corriente saturando al 100%. Por cuatro días se aplicaron cuatro riegos saturando el sustrato al 100% con agua corriente, a partir del quinto día los riegos se hicieron en intervalos de cinco días, con el fin de evitar la pudrición de las plantas por exceso de humedad.

4.16.1 Diseño de tratamientos y experimental

Se utilizó un diseño de tratamientos factorial 4 x 2, teniendo como Factor A tres soluciones nutritivas y un testigo y como factor B las especies establecidas en maceta (*Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata).

Cuadro 4. Tratamientos aplicados en el experimento III.

Tratamiento	Descripción
1	Solución de Steiner al 25% aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
2	Solución 2:2:4 de NPK al 25% aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
3	Solución La Molina al 25% aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
4	Agua destilada acidulada (Testigo) aplicada a <i>Notocactus leninghausii</i>
5	Solución de Steiner al 25% aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata
6	Solución 2:2:4 de NPK al 25% aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata
7	Solución La Molina al 25% aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> forma cristata
8	Agua destilada acidulada (Testigo) aplicada a <i>Copiapoa tenuissima</i> f. cristata

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental bloques al azar con cinco repeticiones por tratamiento teniendo un total de 40 unidades experimentales (Cuadro 4).

4.17 Variables de respuesta durante el desarrollo de la planta

Las variables consideradas durante el desarrollo de la planta a partir del día 42 después de aplicados los tratamientos se registraron cada 15 días (57, 72, 87 y 102 DDI) las cuales fueron:

4.17.1 Diámetro de la planta

El diámetro se midió con un vernier digital en la parte media de la planta.

4.17.2 Número de brotes por planta (hijuelos)

Una vez establecidas las plantas en maceta se contabilizó el número de brotes que emitieron después de realizados los injertos para cada solución nutritiva y el testigo (agua acidulada).

4.17.3 Número de flores por planta

El número de flores por planta se contabilizó desde la primera flor que abrió hasta la última que abrió.

4.17.4 Número de frutos

Al finalizar el periodo de floración se contó el número de frutos presentes por planta en cada tratamiento.

4.18 Variables evaluadas a los 102 días de establecidas en maceta

4.18.1 Diámetro de la planta

El diámetro final de la planta se midió con un vernier digital a los 102 DDI, se tomó la parte media de la planta con el vernier registrando su diámetro en cada tratamiento.

4.18.2 Desarrollo de raíz

A los 102 días después de realizado el injerto se aflojó el sustrato de las macetas se sacó el injerto con cuidado para no dañar las raíces, posteriormente se lavaron las raíces de las plantas de cada tratamiento con agua corriente. Se clasificaron de acuerdo al crecimiento registrado en cuatro categorías: 1) Raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente, 2) Raíces pivotantes cortas 3) Raíces fibrosas con buen desarrollo 4) Raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo.

4.18.3 Análisis nutrimental

El procedimiento para la colecta y procesamiento de las muestras fue el mismo que para el Experimento I donde se utilizó a *Hylocereus trigonus* como portainjerto, en este caso se muestreo el tallo de la planta (*Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata),

los análisis nutrimentales que se realizaron a las muestras fueron: 1) Determinación de nitrógeno total, y contenido nutrimental; con dichos datos se obtuvo el Orden de Requerimiento Nutrimental e Índice de Desbalance Nutrimental (IDN).

4.19 Análisis de datos

Para analizar los datos de cada una de las variables evaluadas en los muestreos durante el desarrollo del injerto y a los 102 días después de realizado el injerto, se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el software estadístico SAS (*Analisis Statical Sistem*) V 8.1.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y la discusión de las variables evaluadas de los experimentos establecidos con injerto (Experimentos I y II), durante su desarrollo y a los 102 días después de realizado el injerto como consecuencia de la aplicación de tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada) así como de las plantas establecidas en maceta (Experimento III),

Experimento I (*Hylocereus trigonus* como portainjerto)

5.1 *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*

5.1.1 Diámetro del injerto

Durante los cuatro muestreos el diámetro del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*, mostró un incremento por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas, presentando diferencias entre tratamientos (Figura 3).

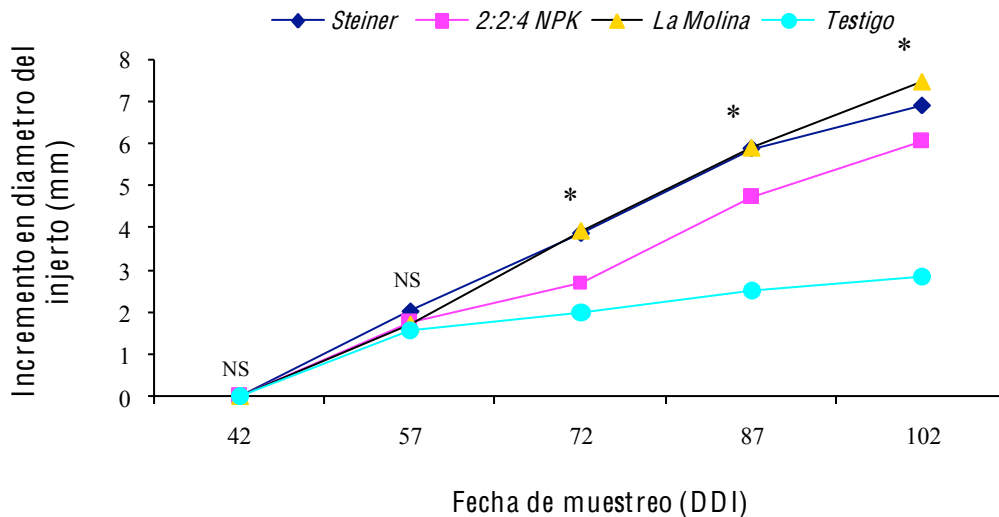


Figura 3. Incremento del diámetro del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). Significativo (*) y no significativo (NS), ($P \leq 0.05$).

La prueba de medias en los muestreos realizados a los 57, 72 días después de realizado el injerto, indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

A los 57 días después de realizado el injerto, con la aplicación de la solución de Steiner se presentó un incremento de 2.01 mm con respecto a su diámetro inicial siendo mayor que donde se aplicaron las soluciones 2:2:4 de NPK (1.78 mm), La Molina (1.70 mm) y el testigo (1.54 mm), (Apéndice 1A).

A los 72 días después de realizado el injerto, las diferencias entre tratamientos fueron pocas, el análisis estadístico lo muestra (Apéndice 2A). Con la aplicación de la solución de La Molina el incremento fue de 3.93 mm y con la solución de Steiner fue de 3.87 mm.

En el cuarto muestreo (a los 87 días después de realizado el injerto) a pesar de no tener diferencias estadísticas significativas (Apéndice 3A), con la solución de la Molina el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* presentaba un incremento en diámetro de 5.90 mm, diámetro similar se presentó con la aplicación de la solución de Steiner (5.89 mm). A los 102 días, el análisis de varianza (ANOVA) indicó diferencias estadísticamente significativas tanto en diámetro de injerto como de portainjerto (Apéndice 4A y 5A) con un coeficiente de variación de 16.04 y 20.22% respectivamente.

Al final del experimento se observó una variación en el incremento del diámetro en función de la solución de riego. Cuando se aplicó la solución de La Molina el diámetro aumentó 7.47 mm, con respecto a su diámetro inicial (Cuadro 5), con la solución de Steiner se incrementó 6.92 mm y regando con la solución 2:2:4 de NPK incrementó su diámetro en un 6.09 mm.

Los injertos obtenidos mostraron una mejor calidad de injerto que los obtenidos sin fertilización.

Cuadro 5. Incremento del diámetro del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas y el testigo con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	11.36	18.28ab	6.92ab
2:2:4 de NPK	10.94	17.03ab	6.09b
La Molina	12.56	20.03a	7.47a
Testigo	11.78	14.62b	2.84c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

López (2006), realizó injertos de *Lobivia sylvestrii* y *Lobivia sylvestrii* forma aurea sobre pitayo de mayo (*Stenocereus griseus*), el incremento en diámetro que mostraron a los 326 días después de realizado el injerto fue de 10.6 mm y 21.6 mm. Estos resultados se superaron en la presente investigación para la especie *Lobivia sylvestrii* forma aurea que incremento su diámetro 7.47 mm en un tercio del tiempo (a los 102 días después de realizado el injerto).

5.1.2 Diámetro del portainjerto

El efecto de las soluciones nutritivas sobre el incremento en diámetro del portainjerto, mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) a los 102 días después de realizado el injerto (Apéndice 5A). Con la solución de Steiner aumento el diámetro a 24.22 mm en relación a su diámetro inicial lo que representó 5.08 mm.

En plantas donde se aplicó solución nutritiva 2:2:4 de NPK incremento solo 2.16 mm y con la solución la Molina el aumento total fue de 3.65 mm (Cuadro 6).

La aplicación de las soluciones nutritivas influyó notablemente en el incremento de diámetro del injerto, las tres soluciones nutritivas superaron al testigo (agua acidulada) que aumento únicamente 1.03 mm durante el tiempo del experimento. En los injertos se presentó una relación directa entre la aplicación de soluciones nutritivas y el aumento de diámetro del injerto, en las plantas establecidas en macetas (sin injerto) se presentó el mismo efecto.

Cuadro 6. Incremento del diámetro del portainjerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas y el testigo con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del portainjerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	19.14	24.22a	5.08a
2:2:4 de NPK	19.34	21.50b	2.16b
La Molina	18.91	22.56b	3.65b
Testigo	19.43	20.46c	1.03c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.1.3 Altura del injerto

A los 102 días de realizar el injerto, los resultados para la variable altura del injerto, muestran diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 6A). La altura del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* se vio favorecida con la aplicación de la solución Steiner con 92.77 mm, con la solución La Molina la altura fue de 69.08 mm, cuando se aplicó la solución 2:2:4 de NPK y las plantas testigo mostraron alturas de 24.68 y 10.61 mm respectivamente.

Las alturas iniciales estaban en un rango de 22.45 - 23.31 mm (Cuadro 7). López (2006), realizó injertos de *Lobivia sylvestrii* y *Lobivia sylvestrii* forma aurea sobre pitayo (*Stenocereus griseus*) utilizando una solución diluida de NPK (19-19-19) a razón de 200 g en 200 L de agua. Después de 326 días de realizado el injerto, las alturas fueron de 100.9 mm y 93.0 mm respectivamente. En la presente investigación con la aplicación de la solución de Steiner al 25% al injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*, incrementó la altura del injerto a 92.77 mm en solo 102 días después de realizado el injerto, es importante mencionar que en el doble del tiempo López, (2006) obtuvo alturas similares a las obtenidas en el presente trabajo con diferentes soluciones nutritivas.

Disminuir el tiempo y aumentar altura es una ventaja en la producción intensiva de injertos por la reducción de insumos y tiempo para sacar al mercado las cactáceas injertadas.

Cuadro 7. Incremento de altura del injerto de *Lobivia sylvestrii forma aurea* x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada) con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Altura del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	22.45	115.22a	92.77a
2:2:4 de NPK	22.38	47.06c	24.68c
La Molina	23.14	92.22b	69.08b
Testigo	23.31	33.92d	10.61d

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 DDI (Días Después de realizado el Injerto).

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.1.4 Numero de hijuelos, flores y frutos

Las soluciones nutritivas que favorecieron que los injertos emitieran hijuelos fueron la 2:2:4 de NPK y la solución Steiner (Figura 4), en la primera en promedio emitió dos hijuelos a los 72 días después de realizado el injerto (60 días después de aplicados los tratamientos) y tres brotes en la segunda solución a los 80 días después de realizados los injertos (68 días después de aplicados los tratamientos).



Figuras 4. *Lobivia sylvestrii forma aurea* x *Hylocereus trigonus* tratada con solución universal de Steiner al 25%.

La emisión de hijuelos en el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*, se inició en un tiempo similar a los resultados reportados por López (2006), que fue a los 67 días.

López (2006), menciona que la emisión de hijuelos de *Lobivia sylvestrii* forma aurea está en función del patrón sobre el cual esté injertado; sobre *Stenocereus griseus* emite en promedio 7 hijuelos, sobre *Hylocereus undatus* el número de hijuelos es mayor (9). Utilizando los mismos patrones pero para la especie *Lobivia sylvestrii* (especie sin color) el número de hijuelos que emite el injerto es mayor, cuando se utiliza como patrón a *Stenocereus griseus* (16 hijuelos en promedio) y en *Hylocereus undatus* en promedio formo 31, en un lapso de tiempo de 326 días de injertado.

En la presente investigación el material utilizado como injerto fueron hijuelos de *Lobivia sylvestrii* forma aurea de una altura promedio de 22.82 mm y 11.6 mm de diámetro, por ser brotes nuevos, el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*, no presento emisión de flores y frutos.

Sánchez (2008), reporto la emisión de 14.4 hijuelos en promedio en Injertos de *Lobivia sylvestrii forma aurea* a los 240 días de injertados, dicha plantas se trataron durante 150 días con una solución de 19-19-19 de NPK más micronutrientes, a dosis de 1 g L^{-1} . La edad del injerto si influye en el número de hijuelos emitidos por la planta, el material utilizado por Sánchez (2008), tenía 6 meses de injertado al iniciar la evaluación, en comparación con los materiales utilizados en la presente investigación que tenían 12 días de injertados y se evaluaron durante 102 días.

5.1.5 Desarrollo radica

El desarrollo radical del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* fue diferente entre tratamientos, es importante recordar que el desarrollo radical se evaluó en función de la escala establecida en materiales y métodos.

Con la aplicación de las soluciones nutritivas se favoreció el desarrollo del sistema radical del injerto, sin embargo las plantas regadas con solución de Steiner y la 2:2:4 de NPK presentaron mayor desarrollo (Figura 5).

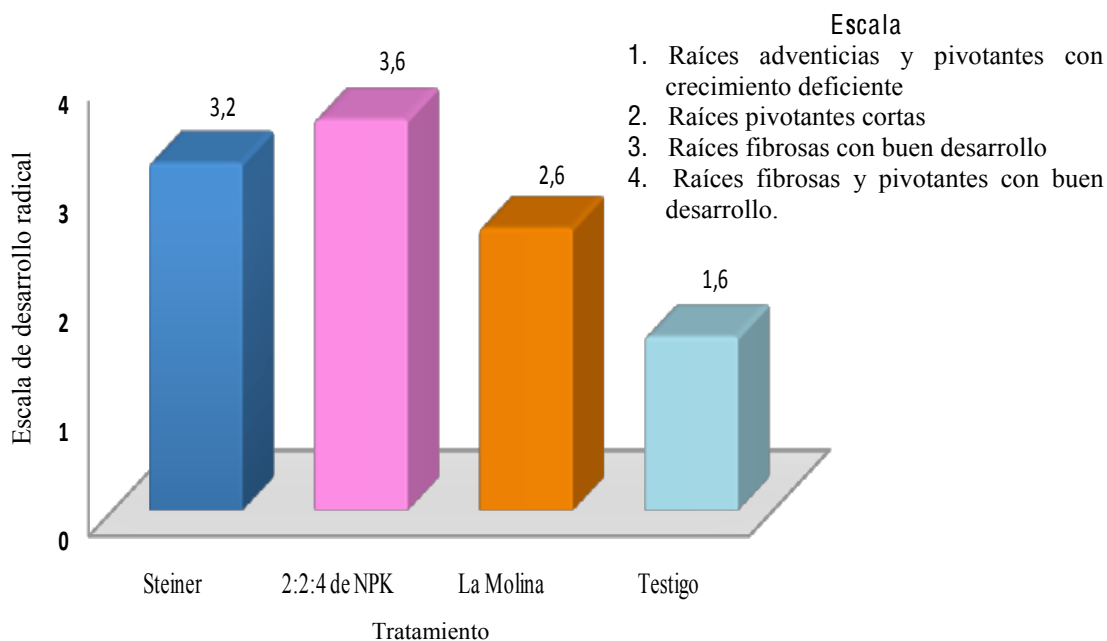


Figura 5. Desarrollo radical del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días después de realizado el injerto.

La aplicación de la solución 2:2:4 de NPK favoreció más el crecimiento del sistema radical del injerto, presentando en promedio un crecimiento radical entre las escalas 3 y 4 (3.6), 60% raíces fibrosas con buen desarrollo radical (escala 3, Figura 6C) y 40% con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo radical (escala 4).

Con la solución de Steiner el 80% de los injertos presentaron un desarrollo radical con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y el 20% restante con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo radical Figura 6A (4). En orden de importancia la solución de Steiner después de la solución 2:2:4 de NPK, favoreció más el desarrollo del injerto

De las tres soluciones nutritivas evaluadas, el menor desarrollo radical del injerto se observó con la Solución La Molina, que en promedio presentó un 2.6 (Figura 5) con el 60% raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 40% con raíces pivotantes cortas Figura 6B (escala 2). El desarrollo radical del injerto en el testigo, fue menor al observado en injertos con aplicación de solución nutritiva (Figura 5), el desarrollo radical en promedio fue de 1.6 (60% raíces pivotantes cortas Figura 6C (escala 2) y 40% raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (Figura 6A).

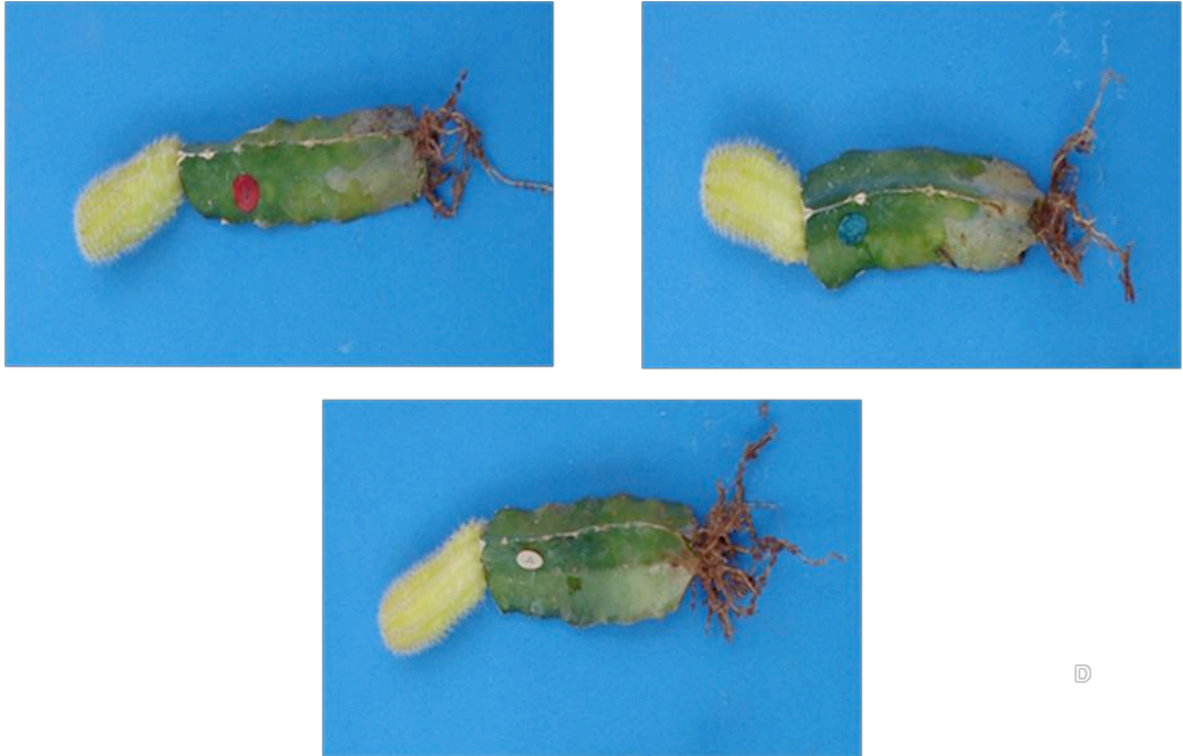


Figura 6. Escala de desarrollo radical del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* en los tratamientos que favorecieron más su desarrollo: A) Raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (Testigo), B) Raíces pivotantes cortas (Solución La Molina) y C) Raíces fibrosas con buen desarrollo (Solución 2:2:4 de NPK).

5.1.6 Concentración nutrimental

5.1.6.1 En injerto

Nitrógeno. La mayor concentración de nitrógeno se presentó en los injertos de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* tratados con las solución La Molina (20 mg g^{-1}), 2:2:4 de NPK y Steiner las concentraciones en tejido fueron similares con 19.4 y 19.9 mg g^{-1} (Cuadro 8). Se encontró una relación directa entre el incremento del diámetro del injerto y la concentración de nitrógeno en tejido.

Con la aplicación de las soluciones de Steiner (4 meq) y La Molina (4.2 meq) con mayor concentración de N que la solución 2:2:4 de NPK se presentó un efecto antagónico con las concentraciones de Ca y Mg presente en tejido del injerto.

En este injerto no se observo antagonismo entre N y K y N y P es importante mencionar que el injerto era joven solo tenía 102 días de injertado.

Cuadro 8. Concentración nutrimental en tejido del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto.

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na
	----- mg g ⁻¹ -----					----- mg Kg ⁻¹ -----					
Steiner	19.4	2.4	15.4	7.1	5.5	194.0	122.0	205.3	91.4	57.0	357.8
2:2:4 de NPK	19.9	4.8	17.4	19.8	10.6	371.9	162.7	402.6	179.6	131.9	609.2
La Molina	20.0	2.6	18.5	8.9	5.5	489.7	130.4	202.2	64.1	57.0	408.2
Testigo	17.7	-----	Solo	-----	Se	-----	Realizó	-----	N*	-----	-----

* No alcanzó la muestra

Fósforo. La concentración de P en el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado fue mayor en los injertos tratados con la solución 2:2:4 de NPK (4.8 mg g⁻¹), con la soluciones de Steiner y La Molina la concentración fue similar (2.4 y 2.6 mg g⁻¹) concentraciones menores a la reportada por Nobel (1988) y Delgado, (1997) en tejido de cactáceas (1.7 mg g⁻¹ de P).

Potasio. La mayor concentración de K se presento en la solución La Molina con 18.5 mg g⁻¹, la solución 2:2:4 de NPK presentó 17.4 mg g⁻¹.

La solución 2:2:4 de NPK (con mayor concentración de K) no presento una relación directa con los valores obtenidos en el tejido (17.4 mg g⁻¹), los injertos regados con esta solución no fueron los que presentaron la mayor concentración de potasio en tejido.

Calcio. La mayor concentración de Ca se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK con 19.8 mg g⁻¹, este valor duplica la concentración de los injertos que recibieron la solución de Steiner (8.9 mg g⁻¹) y La Molina (7.1 mg g⁻¹). Con la aplicación de las tres soluciones nutritivas no se superaron los limites que Nobel, (1988) reportó para Calcio en cactáceas que fue de 31.15 a 57.65 mg g⁻¹.

Magnesio. La mayor concentración de Mg se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (10.6 mg g⁻¹). Con las soluciones La Molina y Steiner, presentaron igual concentración en el tejido del injerto (5.5 mg g⁻¹) (Cuadro 8).

Contrariamente a los resultados obtenidos por Blanco, (2006) quienes reporta que el Mg se concentra cuatro veces más que el P en cladodios de Nopal, en el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* se presentaron en una relación de 2:1 de Mg:P.

Fierro. Con la aplicación de las soluciones nutritivas la concentración de Fe presente en tejido fue mayor al rango de 103 – 168 mg g⁻¹ que reportó Nobel, (1988) para cactáceas. La solución Steiner fue la que presentó la menor concentración con 194.0 mg Kg⁻¹ con la aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina presentaron 371.9 y 489.7 mg Kg⁻¹ de Fe en tejido.

Boro. La concentración de B presente en los injertos de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* fue mayor al aplicar la solución 2:2:4 de NPK con 162.7 mg Kg⁻¹, en las soluciones de Steiner y La Molina fueron de 122.0 – 130.4 mg Kg⁻¹.

Cobre. Con la aplicación de las soluciones La Molina y Steiner las concentraciones de Cu presentes en tejido fue de 202.2 y 205.3 mg Kg⁻¹, con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK la concentración fue el doble que las dos anteriores, con 402.6 mg Kg⁻¹.

Manganeso. La concentración de Mn presente en las plantas tratadas con la solución de La Molina fue de 64.1 mg Kg⁻¹, con la aplicación de la solución de Steiner la concentración en tejido fue de 91.4 mg Kg⁻¹ lo cual coincide con lo reportada por Nobel, (1988), en *Opuntia phateacantha*. En la solución 2:2:4 de NPK la concentración fue de 179.6 mg Kg⁻¹ con lo reportado por Nobel, (1988) para *Trichocereus chilensis* con 179.0 mg Kg⁻¹.

Zinc. La mayor concentración de Zn se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (131.9 mg Kg⁻¹). Las soluciones La Molina y Steiner, presentaron igual concentración en el tejido del injerto (57 mg Kg⁻¹) (Cuadro 8).

Sodio. La mayor concentración de Na se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (609.2 mg Kg⁻¹). Con la aplicación de las soluciones de Steiner y La Molina las concentraciones en tejido fueron 357.8 y 408.2 mg Kg⁻¹ de Na. Guzmán y Chávez (2007) reportaron concentraciones de 322 y 792 mg Kg⁻¹ de Fe en cladodios de un mes y un año de edad de *Opuntia ficus-indica*.

5.1.6.2 En portainjerto

Nitrógeno. Los injertos tratados con las solución de Steiner presentaron una concentración de 20.5 mg g⁻¹ (Cuadro 9), coincide con lo reportado por Nobel, (1988) quien encontró 20.6 mg g⁻¹ de N en cladodios de *Opuntia chlorotica*. Al aplicar las soluciones La Molina y 2:2:4 de NPK las concentraciones fueron similares con 19.5 y 19.8 mg g⁻¹ de N.

El testigo presento 18.7 mg g⁻¹ de N, Nobel, (1988) reportó 28.1 mg g⁻¹ de N en *Hylocereus undatus*, por su parte Ramírez, (1995), reportó 20.0 mg g⁻¹ de N en tallos de *Hylocereus undatus* sin fertilización y 29.28, 29.06 y 30.18 mg g⁻¹ con fertilización foliar a raíces adventicias, al suelo y a tallos así como a raíces adventicias.

Delgado, (1997) encontró concentraciones de 17.0 mg g⁻¹ en tallos de *Hylocereus undatus*. En la solución La Molina y el testigo las concentraciones de N se encuentran en el rango que Nobel, (1988) reportó para cactáceas (13.4 a 19.6mg g⁻¹).

Felker *et al.*, (2005) y Estrada y Fred (2008) reportan concentraciones de N menores (11.6 y 10.2 mg g⁻¹) a las reportadas por Nobel (1988) y las reportadas en la presente investigación, las concentraciones de nitrógeno en el injerto y portainjerto fueron similares.

Cuadro 9. Concentración nutrimental en tejido del portainjerto (*Hylocereus trigonus*) a los 102 días después de realizado el injerto.

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na
	-----mg g ⁻¹ -----					-----mg Kg ⁻¹ -----					
Steiner	20.5	7.9	11.2	12.3	17.0	459.9	116.0	80.1	90.5	156.0	2350
2:2:4 de NPK	19.8	7.0	14.7	15.4	17.6	521.1	119.0	84.4	96.0	181.9	2003
La Molina	19.5	8.5	14.2	13.0	13.8	587.4	101.6	82.0	97.2	184.6	1730
Testigo	18.7	7.4	14.0	12.5	13.3	444.3	108.1	81.3	87.2	155.9	1154

Fósforo. En *Hylocereus trigonus* se encontró que el P se incrementa el triple que en el injerto, las plantas tratadas con la solución La Molina presentaron 8.5 mg g^{-1} , con la aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK y Steiner la concentración de P en tejido fue de 7.0 y 7.9 mg g^{-1} . El testigo presentó 7.4 mg g^{-1} de P en portainjerto. Delgado, (1997) y Delgado, (2002) reportó 3.0 y 3.2 mg g^{-1} de P en *Hylocereus undatus*, muy por debajo de lo reportado en este trabajo.

Las concentraciones de fósforo fueron menores en el injerto que las presentes en el portainjerto, superando los rangos que Nobel, (1988) reportó para cactáceas y pitahaya (*Hylocereus undatus*) (1.7 y 1.1 mg g^{-1} de N en tejido). Existen diferencias en la concentración entre las cactáceas y la edad de estas, por ejemplo Báraza *et al.*, (2008), reporta concentraciones de 2.5 mg g^{-1} en cladodios jóvenes de *Opuntia ficus indica* y de 0.9 mg g^{-1} en cladodios viejos.

Potasio. Las concentraciones de K presentes en el portainjerto (Cuadro 9), se encontraron dentro del rango establecido por Nobel, (1988), de 11.9 a 20.6 mg g^{-1} .

Las menores concentraciones en portainjerto se obtuvieron con la aplicación de la solución de Steiner (11.2 mg g^{-1}), con las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina así como el testigo fueron similares con 14.7 , 14.2 y 14.0 mg g^{-1} respectivamente. Ramírez, (1995) reportó concentraciones de 29.46 mg g^{-1} en brotes nuevos de *Hylocereus undatus* establecidas en suelo sin fertilización, valores que equivalen al doble a lo encontrado en esta investigación.

Calcio. Con la solución 2:2:4 de NPK, el contenido de Ca (15.4 mg g^{-1}) fue mayor a los reportados por Nobel, (1988) para *Hylocereus undatus* y *Agave sisalana*, (15.0 y 15.2 mg g^{-1}), con las soluciones La Molina (13.0 mg g^{-1}), Steiner (12.3 mg g^{-1}) y el testigo (12.5 mg g^{-1}), las dos últimas fueron similares. Cálix (2005) reporta concentraciones de 8.3 mg g^{-1} de Ca en *Hylocereus undatus* por su parte Padrón *et al.*, (2009) reportó concentraciones de 5.5 mg g^{-1} en cladodios de *Opuntia boldinghii*.

Magnesio. Con la aplicación de las soluciones nutritivas de Steiner y 2:2:4 de NPK las concentraciones fueron mayores (17.0 y 17.6 mg g^{-1}) (Cuadro 9), en comparación con las obtenidas en la solución La Molina y el testigo (13.8 y 13.3 mg g^{-1}).

En general las tres soluciones nutritivas se encontraron en el rango que Nobel, (1988) reportó para cactáceas el cual fue de 8.5 a 17.2 mg g⁻¹ de Mg. Delgado, (2002) reportó concentraciones de Mg de 8.3 mg g⁻¹ en *Hylocereus undatus*, en *Opuntia* sp. Galizzi *et al.*, (2004), reportaron 11.9 mg g⁻¹.

Fierro. La concentración de Fe se incremento notablemente en el portainjerto con las soluciones nutritivas, la concentración de Fe fue mayor al rango que reportó Nobel, (1988) para cactáceas (103 – 168 mg Kg⁻¹). La solución de Steiner fue la que presento la menor concentración de Fe en tejido con 459.3 mg Kg⁻¹, con las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina presentaron concentraciones de 521.1 y 587.4 mg Kg⁻¹. La concentración en el testigo fue de 444.3 mg Kg⁻¹. Las concentraciones en el injerto fueron menores en comparación con el portainjerto (Cuadros 8 y 9). Padrón *et al.*, (2009) reporta para *Epyphyllum hookeri* una concentración menor (372 mg Kg⁻¹) a las reportadas en la presente investigación (Cuadro 9)

Boro. La concentración de B presente en tallos del portainjerto (*Hylocereus trigonus*) fue mayor al aplicar la solución 2:2:4 de NPK (119 mg Kg⁻¹), las soluciones de Steiner y La Molina presentaron 116.0 y 101.6 mg Kg⁻¹ de B, Nobel, (1988), reportó concentraciones de 109 mg Kg⁻¹ de B en *Opuntia ficus-indica*. Delgado, (2002) encontró concentraciones de 51.25 mg Kg⁻¹ *Hylocereus undatus*.

Cobre. Con la aplicación de las soluciones Steiner y La Molina la concentración de Cu en tejido fue de 80.1 y 82.0 mg Kg⁻¹, en comparación a la solución 2:2:4 de NPK (84.4 mg Kg⁻¹), en el testigo la concentración en tejido fue de 81.3 mg kg⁻¹ (Cuadro 9). Estrada y Fred (2008), reporta concentraciones menores (5.87 mg Kg⁻¹) para *Opuntia alvicarpa* cv “Reyna” de 7 meses de edad. Delgado (2002), reporto valores menores (55.14 mg Kg⁻¹) a los obtenidos en la presente investigación.

Manganeso. La concentración de Mn en plantas regadas con la solución La Molina fue de 97.2 mg Kg⁻¹, con la aplicación de la soluciones de Steiner y 2:2:4 de NPK la concentración en tejido fue de 90.5 mg Kg⁻¹ y 96.0 mg Kg⁻¹. El testigo presento una concentración (87.2 mg Kg⁻¹) menor que con la aplicación de las soluciones nutritivas.

Zinc. La solución La Molina presento 184.6 mg Kg⁻¹ de Zinc siendo mayor que las solución Steiner y el testigo (156.0 y 155.9 mg Kg⁻¹). Por efecto de la solución 2:2:4 de NPK se encontró en tejido 181.9 mg Kg⁻¹ de Zinc (Cuadro 9).

Sodio. La mayor concentración de Na se presentó con la aplicación de la solución de Steiner (2350 mg Kg⁻¹). Con la aplicación de las soluciones de 2:2:4 de NPK y La Molina las concentraciones en tejido fueron de 2003 y 1730 mg Kg⁻¹. Concentraciones altas en comparación con las reportadas por Stintzing, (2003) para *Hylocereus costarricensis* (33 mg Kg⁻¹).

5.1.7 Índice de Desbalance Nutricional (IDN)

5.1.7.1 En injerto

Con los valores de concentraciones nutrimentales obtenidos (Índices DOP) a los 102 días (Cuadro 10), la solución nutritiva que presento el IDN mayor fue la 2:2:4 de NPK con 402.3, las soluciones La Molina y Steiner presentaron índices menores al anterior (220.3 y 266.4), la correlación de incremento en diámetro del injerto y el índice de desbalance nutricional de la solución indican, que conforme se incrementa este valor, se presento un desbalance nutricional mayor y se disminuye el diámetro del injerto, así como la altura y número de hijuelos.

Valores menores se obtuvieron con la aplicación de las soluciones nutritivas de Steiner y La Molina. Davee *et al.*, (1986), menciona que se han encontrado cultivos con IDN bajo obtienen un rendimiento alto. A pesar de haber diferencias en I.D.N. se observa en los índices que hay desbalance nutricional en todos los tratamientos.

Cuadro 10. Índice de desbalance Nutricional (IDN) del injerto *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto.

Solución	Índices DOP**											IDN*
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na	
Steiner	0.8	-26.9	-6.2	-40.3	-23.9	-42.9	-11.9	-24.0	-18.2	-30.4	-22.2	247.7
2:2:4 de NPK	3.4	47.3	5.8	66.0	47.0	11.2	17.7	49.1	60.7	60.9	33.3	402.3
La Molina	3.9	-20.4	0.4	-25.6	-23.1	31.8	-5.8	-25.1	-42.4	-30.5	-11.1	220.2
Testigo	-8.1	-----	Solo	-----	Se	-----	-----	realizó	-----	N	-----	-----

* IDN = Índice de Desbalance Nutricional

** DOP = Desviación del Optimo Porcentual

5.1.7.2 En portainjerto

En comparación con los Índices de Desbalance Nutricional que presentó el injerto (Cuadro 11), en el portainjerto el IDN del testigo fue mayor al de las tres soluciones nutritivas evaluadas (Cuadro 12). Comparando las tres soluciones nutritivas la que presento mayor IDN fue la de Steiner con 96.3, con la solución 2:2:4 de NPK fue de 82 y el menor se presento con la solución la Molina (67.2).

En comparación con el desbalance en el testigo (193.5), la aplicación de soluciones nutritivas La Molina fue menor y conforme disminuyo este índice aumentó el diámetro del portainjerto (Cuadros 6 y 11).

Cuadro 11. Índice de Desbalance Nutricional del portainjerto (*Hylocereus trigonus*) a los 102 después de realizado el injerto en las tres dosis de fertilización y el testigo (agua acidulada).

Solución	Índices DOP**											IDN*
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na	
Steiner	4.5	2.6	-17.5	-7.5	8.4	-8.7	4.4	-2.3	-2.5	-8.0	30.0	96.3
2:2:4 de NPK	0.9	-9.0	8.9	15.5	12.4	3.6	7.2	3.0	3.5	7.2	10.7	82.0
La Molina	-0.6	9.8	5.0	-2.2	-5.7	17.0	-8.8	0.1	4.8	8.9	-4.4	67.2
Testigo	4.7	-3.3	3.6	-5.9	-15.1	-11.9	-2.8	-0.8	-5.8	-8.1	-36.3	193.5

* IDN = Índice de Desbalance Nutricional

** DOP = Desviación del Optimo Porcentual

5.1.8 Orden de Requerimiento Nutricional (ORN)

5.1.8.1 En injerto

En el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* en la solución nutritiva 2:2:4 de NPK se presentó el mayor índice de desbalance nutricional (IDN) con un valor de 402.3. Todos los nutrientes se presentaron en exceso en el tejido vegetal del injerto (Cuadro 12); con la solución La Molina solo se presentó el Fe en exceso. El Mn, Zn, Ca, Cu, Mg, P y Na se encontraron en deficiencia, el B, N y K se encontraron en niveles óptimos (Cuadro 13). La aplicación de la solución de Steiner presento un desbalance de 266.4 y se presentaron deficiencias de Fe, Ca, Zn, Cu, Mg, Na, Mn y B, en exceso se presento el N y el K se encontró en un nivel óptimo.

Cuadro 12. Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) en los tratamientos aplicados al injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*.

Solución	Deficiente	Optimo	Exceso
Steiner	Fe>Ca>Zn>P>Cu>Mg>Na>Mn>B	K	N
2:2:4 de NPK	-----		Ca>Zn>Mn>Cu>P>Mg >Na>B>Fe>K>N
La Molina	Mn>Zn>Ca>Cu>Mg>P>Na	B, N y K	Fe
Testigo	N	Solo se realizó	nitrógeno

5.1.8.2 En portainjerto

El menor Índice de Desbalance Nutricional (67.2), se presento con la solución La Molina en dicha solución se presentó el mayor número de nutrientes cercanos al óptimo porcentual. Con la aplicación de la solución de Steiner de los 11 nutrientes determinados el K, Fe, Zn, y Ca, se encontraron en deficiencia y el Na y Mg en exceso (Cuadro 13), los nutrientes Mn, Cu, N, B y P se encontraron cercanas al optimo porcentual. Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK solo el P estuvo deficiente, el Fe, Mn, Cu y N se encontraron cercanos al óptimo porcentual (Cuadro 13). En el testigo Na, Mg, Fe y Zn se encontraron en déficit lo que confirma su mediana movilidad y la inmovilidad del Fe en la planta, el Ca, Mn, P, B, Cu, N y el K se encontraron en concentraciones óptimas en el tejido.

Cuadro 13. Orden de Requerimiento Nutricional (ORN), en los tratamientos aplicados al portainjerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*.

Solución	Deficiente	Optimo	Exceso
Steiner	K>Fe>Zn>Ca	Mn, Cu, N, B y P	Na>Mg
2:2:4 de NPK	P	Fé, Mn, Cu, N	Ca>Mg>Na>K>Zn>B
La Molina	B	Mg, Na, Ca, N, K, Mn, Cu	Fe>P>Zn
Testigo	Na>Mg>Fe>Zn	Ca, Mn, P, B, Cu, N y K	-----

5.1.8.4 Comparación de Orden de Requerimiento Nutricional entre injerto y portainjerto

En el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* los nutrientes que coincidieron (en deficiencia, en condiciones óptimas y en exceso) en injerto como en portainjerto al comparar el ORN por solución nutritiva fueron:

- 1) Solución de Steiner. El Fe, Zn y C se presentaron en deficiencia en el tejido.
- 2) Solución 2:2:4 de NPK. En deficiencia no coincidió ningún nutriente en ambos materiales (injerto y portainjerto).
- 3) Solución La Molina. El Fe se presentó en exceso en el Tejido y el N y K se encontraron en concentraciones óptimas.
- 4) Testigo. No coincidió ningún nutriente, en deficiencia, exceso y en condiciones óptimas en tejido.

5.1.9 Observación de cortes anatómicos con la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

Al observar en el Microscopio Electrónica de Barrido (MEB) los cortes anatómicos longitudinales y transversales de: *Lobivia sylvestrii* forma aurea y del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*, los resultados fueron los siguientes.

5.1.9.1 Cortes anatómicos muestreados antes de realizar el injerto (0 días)

En el corte transversal del tallo de *Lobivia sylvestrii* forma aurea se observa la distribución del tejido vascular primario, formando un cilindro de haces colaterales discontinuo, separados entre si, integrado por xilema, floema y parénquima fundamental (médula).

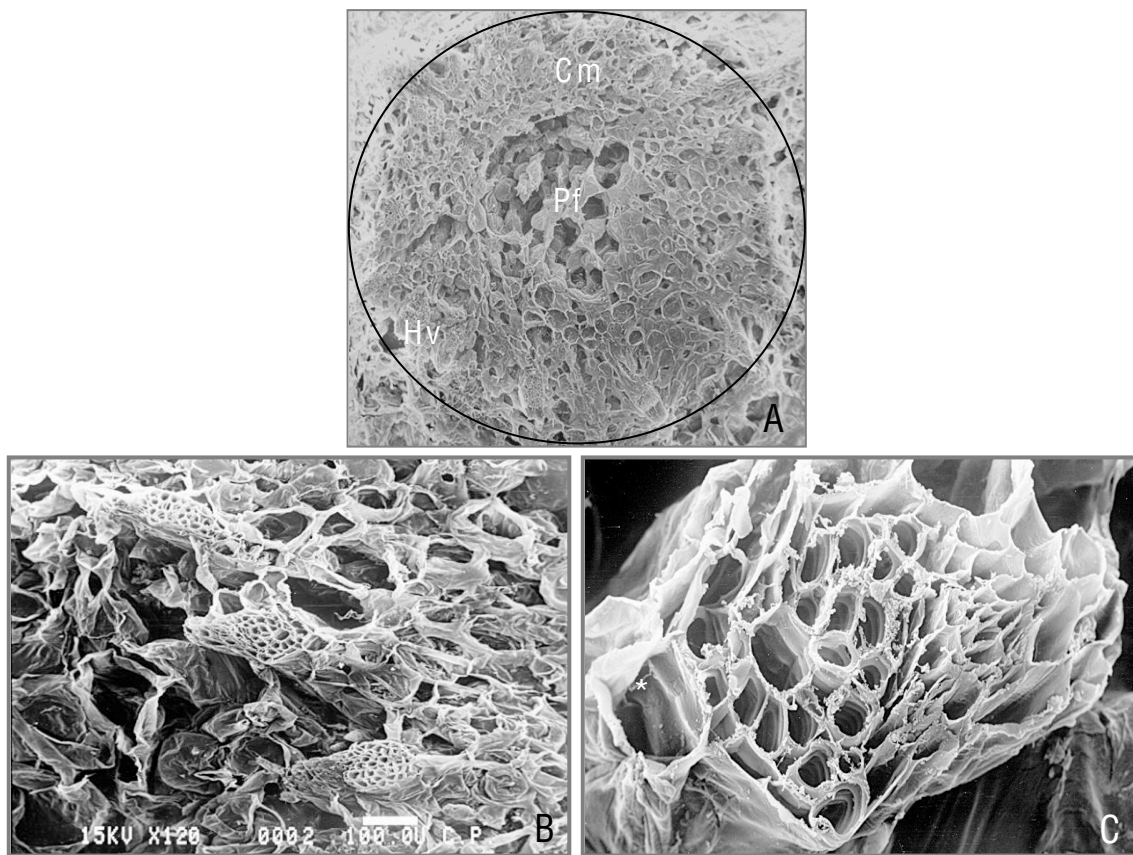


Figura 7. Corte transversal del tallo de *Lobivia sylvestrii* forma aurea a los 0 días: a) Distribución de los haces vasculares formando un anillo discontinuo. B) Acercamiento a una triada de haces vasculares y C) Acercamiento a un haz vascular observándose las traqueidas. Donde: Pf: Parénquima fundamental, Hv; Haz vascular y Cm: Conductos del mucílago.

La diferenciación del sistema vascular se da por la actividad del procámbium, los vasos conductores se encuentran distribuidos alrededor de la médula (parénquima fundamental) formando un anillo discontinuo, quedando los haces vasculares separados entre sí, por parénquima interfascicular (Arruda, 2005). El parénquima medular está formado por células con escasas o nulas cavidades de mucílago.

En el crecimiento primario el sistema vascular se dispone en haces separados formando un cilindro discontinuo, en el tejido vascular secundario se forma un cilindro continuo debido al gran desarrollo de fibras xilemáticas. La médula tiene células de parénquima con granos de almidón haces vasculares medulares y células del mucílago (Salinas, 2006). Lo anterior coincide con los resultados reportados por Terrazas *et al.*, (2005) para *Stenocereus chacalapensis*, *S. griseus*, *S. laevigatus*, *S. martinezii*, *S. quevedonis* y *S. thurberi*.

En un acercamiento de la distribución de los haces vasculares (Figura 7B), se observa que el xilema está formado por traqueidas vasculares y células parénquimáticas (Mauseth, 1999; Arruda, 2005). Las traqueidas presentan paredes secundarias helicoidales (Figura 7C), esta es una característica de las cactáceas, que les proporcionan elasticidad al sistema vascular y ayudan a mantener la integridad del flujo de agua dentro de los vasos conductores durante periodos de sequía (Mauseth, 2004).

Las células parénquimáticas son de tipo acuífero, en cactáceas por ser plantas xerofitas estas células tienen la capacidad de almacenar agua que utiliza la planta para realizar sus funciones vitales durante la época de sequía (Mauseth, 2004; Soffiatti y Angyalossy, 2003).

5.1.9.2 Cortes anatómicos muestreados a los 102 días después de realizado el injerto

Al observar los cortes transversales, del tratamiento que favoreció más el desarrollo del injerto (Solución de Steiner) y del testigo (agua acidulada) en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), con la aplicación de la solución de Steiner (Figura 8A) se observó que los tejidos del patrón y del injerto en la zona de unión (U) están estrechamente unidos, señalando que se reestableció la continuidad vascular de los tejidos, como lo mencionan Stoddard y McCully (1980), McCully (1983) y Moore (1984) para injertos compatibles.

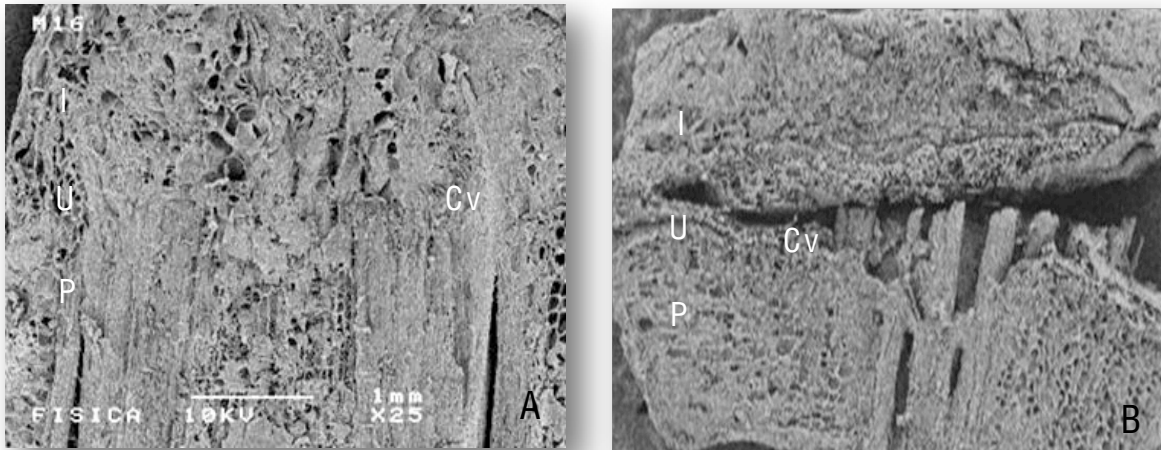


Figura 8. Cortes transversales del injerto *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días después de realizado el injerto, tratados con: A) Solución de Steiner al 25%, con aplicaciones de solución de Steiner al 25% y B) Sin solución nutritiva (testigo). Donde: I es el portainjerto, P el portainjerto, U la zona de unión y Cv es la continuidad vascular.

Turquois *et al.*, (1996), reportó que en un injerto completo, el portainjerto y el injerto se comportan como una unidad, no sólo para el flujo de agua en la planta, sino también para el envío de señales y coordinación entre la raíz y la parte aérea. En la Figura 8A, se observa que en la zona de unión del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* se llevó a cabo con éxito la secuencia del proceso de unión del injerto, en el siguiente orden:

1. Cohesión del injerto y del portainjerto
2. Proliferación del callo en la zona de unión del injerto.
3. Diferenciación vascular

☺ Cohesión del injerto y del portainjerto

Moore, (1984) reporta que al poner en contacto los tejidos del injerto y el portainjerto en las regiones del cambium se da la cohesión como resultado de la deposición y polimerización de los materiales de las membranas celulares debido a la herida del injerto y en la zona de unión del injerto se estableció una vía de continuidad para el flujo de agua a través del injerto.

☺ Proliferación del callo en la zona de unión del injerto.

Miguel y Cebolla (2005) reportan que la proliferación del callo es una respuesta a la herida que se realizó al injerto y portainjerto en el momento de injertarlos, esta proliferación se desarrolla incluso en injertos no compatibles.

Las células del cambium en la zona de unión del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* produjeron células de parénquima que se entremezclaron para formar el tejido del callo. Algunas de estas células se diferenciaron en nuevas células de cambium que generaron tejido vascular.

☺ Diferenciación vascular.

Diferenciación vascular fue el episodio final y es propio de injertos compatible, esta diferenciación vascular se produjo entre los vasos del injerto y el portainjerto, en respuesta a las auxinas liberadas por los vasos lesionados al momento de realizar los cortes de los materiales injertados (Poessel, 1996).

La Figura 8A, muestra la continuidad vascular del injerto de *Lobivia sylvestrii* x *Hylocereus trigonus* lo que corrobora lo señalado por Burleigh, (1997) que en cactáceas las barreras taxonómicas no son tan fuertes (es decir que en la zona de unión se da el reconocimiento celular necesario que permite la unión del injerto y portainjerto).

Los injertos de plantas genéticamente próximas son generalmente compatibles puesto que hay una similitud bio-química entre ambas y por tanto, las sustancias elaboradas por una de ellas no son tóxicas para la otra (Miguel y Cebolla, 2005).

Moore, (1984) menciona que el éxito del injerto depende de la similitud anatómica del injerto y portainjerto lo que coincide con lo reportado por Acosta, (2005) quien indica que el éxito del injerto depende de la distancia entre los elementos vasculares del injerto y del portainjerto.

López, (2006), reporta que para que un injerto tenga éxito debe haber coincidencia en por lo menos una parte de los haces vasculares en la zona de unión de este.

Delgado, (1997), reportó que al realizar injertos anatómicamente iguales el éxito del injerto es alto, al injertar *Hylocereus undatus* sobre *Hylocereus undatus* en la zona de unión observó

una desviación perpendicular de las células del parénquima y un restablecimiento de dichas células al contacto con las del portainjerto o viceversa.

A los 102 días después de realizado el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus*, de las tres soluciones nutritivas evaluadas en el primer experimento (Steiner, 2:2:4 de NPK y solución La Molina) aplicadas al 25%, la solución de Steiner favoreció más el desarrollo del injerto, incrementando: su altura 92.77 mm, el diámetro del injerto 6.92 mm y del portainjerto 5.08 mm, sin la aplicación de solución nutritiva el incremento en altura del injerto (10.61 mm), diámetro del injerto (2.84 mm) y portainjerto (1.03 mm) fue menor.

En un acercamiento a la zona de unión del injerto (U) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* del tratamiento con solución de Steiner (Figura 8A) y el testigo (Figura 8B) y tomando en cuenta el incremento en: altura del injerto, diámetro del injerto y del portainjerto; con la solución de Steiner (Figura 8A) se observa una buena continuidad de los haces vasculares y una zona de unión bien formada entre el injerto y el portainjerto.

En la Figura 8B en la zona de unión del injerto las células del parénquima presentan la restauración de la continuidad vascular, a los 102 días después de realizado este, se observó que conforme pasó el tiempo las células del parénquima se debilitaron y desprendieron parcialmente; el desarrollo del injerto continuó pero el incremento en: altura del injerto, diámetro del injerto y del portainjerto fue mucho menor al registrado con la aplicación de la solución nutritiva de Steiner.

Delgado (1997) reporta que en injertos de *Hylocereus undatus* x *Stenocereus griseus* la continuidad vascular se restablece, observo los elementos vasculares en la zona de unión de manera desorganizada y en forma perpendicular a la disposición de estos, tanto en el injerto (S) como en el portainjerto (P), coincide con lo señalado por Simons, (1987).

Lo anterior coincide con lo reportado por Harman y Kester's (2002), quienes señalan que aunque en los injertos se forma una soldadura en la zona de unión, con el tiempo puede debilitarse y separar parcial o totalmente afectando directamente el desarrollo y su hábito de crecimiento, debido principalmente a: 1) La falta de nutrientes, 2) Condiciones de temperatura, 3) Presencia de oxígeno, 4) Humedad relativa del ambiente desfavorable,4)

Desarrollo de patógenos, 5) Actividad de crecimiento del portainjerto o del injerto y 6) Técnica de injerto utilizada.

Lo anterior concuerda con lo observado en la zona de unión entre el injerto y portainjerto, el poco prendimiento y la suberificación de parte de la zona de unión del injerto (Figura 8B), probablemente fue debido a la no fertilización del injerto y por tanto este no presentó los elementos necesarios para realizar los procesos bioquímicos (respiración, fotosíntesis, etc.) para que desarrollara y realizara sus funciones vitales adecuadamente.

Simons, (1987) reporta que un injerto con un buen aporte de nutrientes presenta mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades, así como, una zona de unión más resistente y por tanto tiene mayor probabilidad de éxito y valor económico en el mercado (Simons, 1987).

La temperatura es importante al realizar el injerto y durante su desarrollo, porque esta influye sobre la división celular y consecuentemente sobre la formación del callo en la zona de unión del injerto y portainjerto así como en la diferenciación de nuevos haces vasculares, en cuanto a la humedad relativa si se expone el injerto a baja humedad relativa la superficie de contacto (zona de unión del injerto y portainjerto) se suberiza impidiendo la unión, por lo cual se debe mantener una humedad relativa alta para evitar la deshidratación del injerto y finalmente del tipo de injerto depende que la superficie de contacto con el portainjerto para que forme callo en su totalidad y se restablezca la continuidad vascular (Miguel y Cebolla, 2005).

El oscurecimiento presente en la zona de unión esta relacionado con el que se da de manera natural en algunas especies de la tribu *Pachycereae*, por la reacción del alcohol fenólico unido a la glucosa, como lo señalaron Gibson y Nobel, (1986) y la degradación de auxinas por el efecto de los compuesto fenólicos de acuerdo a Lockard y Schneider, (1981).

López, (2006) reportó que el porcentaje de éxito injertos depende de la especie injertada. Por ejemplo *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus*, donde hubo 70% de unión del injerto y cuando se utilizo *Hylocereus trigonus* el 96% de las plantas se desarrollaron.

Al observar en el microscopio la zona de unión de los cortes anatómicos, para los injertos realizados con *Stenocereus griseus*, la continuidad vascular se presentó, pero con el tiempo esta se debilita y separa parcialmente por lo que el porcentaje de sobrevivencia disminuye, en

el caso de los injertos realizados utilizando a *Hylocereus undatus* como portainjerto la continuidad vascular continuó fuerte y a los 446 días después de realizado el injerto, se observó que los haces vasculares de *Lobivia sylvestrii* forma aurea se insertaron en el tejido de la pitahaya como si se hubieran desarrollado raíces en el interior y es así como el injerto se mantuvo como una sola unidad (López, 2006).

CONCLUSIÓN

El éxito que se tiene al realizar un injerto depende de: la similitud anatómica del injerto y el portainjerto, la nutrición de estos, de la sanidad de las plantas, manejo de los materiales vegetales a injertar, riegos, las condiciones de temperatura, humedad relativa, oxigenación, limpieza y desinfección de los materiales utilizados.

Al comparar cortes anatómicos de injertos regados con una solución completa, con un injerto regado solo con agua, se observó que se restableció la continuidad vascular pero conforme paso el tiempo en las plantas testigo (sin solución nutritiva) la zona se debilitó y aunque no se separó completamente si afectó el desarrollo del injerto reflejándose en el diámetro y la altura.

A nivel comercial a los productores dedicados a la injertación de cactáceas y venta de esta (injertos), les es de utilidad que al final del proceso obtengan plantas de calidad (sanos y con un buen desarrollo), lo anterior es posible si los injertos tienen una buena nutrición y por tanto una zona de unión fortalecida representando ingreso económico mayores por la venta de estas.

Se concluye que con la aplicación de la solución de Steiner al 25% se favoreció notablemente el desarrollo del injerto de *Lobivia sylvestrii* x *Hylocereus trigonus*.

5.2 *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus*

5.2.1 Diámetro del injerto

El incremento en diámetro por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas al injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* mostró la misma tendencia en incremento por tratamiento en los cuatro muestreos realizados a los 57, 72, 87 y 102 DDI (Figura 9).

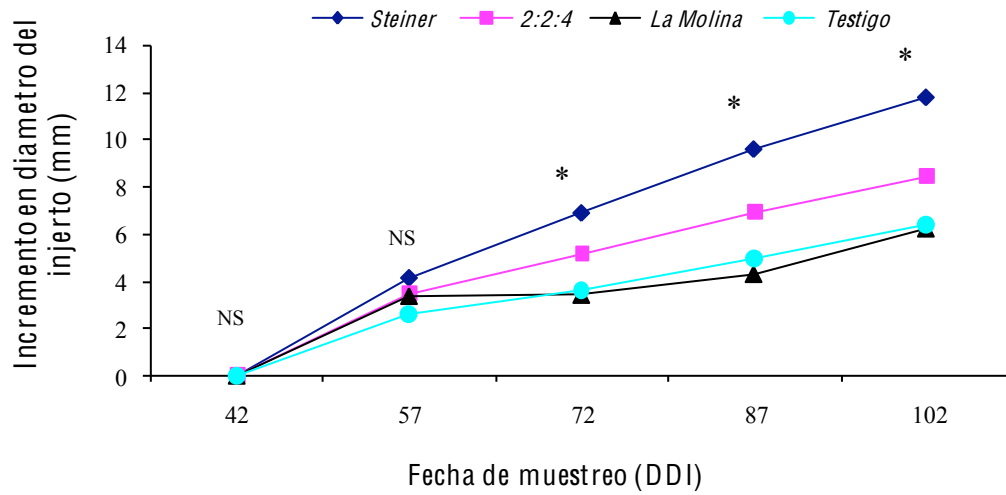


Figura 9. Incremento del diámetro de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (NS), ($P \leq 0.05$).

Al inicio del experimento (42 días después de realizado el injerto) las plantas tratadas no mostraron diferencias entre tratamientos (Apéndice 7A), sin embargo a partir de los 72 días de realizado el injerto, se observa una clara respuesta a la aplicación de las soluciones, en los dos muestreos siguientes si existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndices 8A, 9A y 10A).

En la Figura 9, se observa que con la aplicación de la solución Steiner se duplicó el diámetro del injerto en comparación con la solución La Molina, ese incremento se mantiene hasta el final de la evaluación. El orden de incremento en diámetro por efecto de aplicación de las soluciones nutritivas fue: 1) solución de Steiner y 2) solución 2:2:4 de NPK y 3) plantas testigo y 4) solución La Molina, presentó un incremento casi igual al testigo.

Resultados similares a los obtenidos con la aplicación de las tres soluciones nutritivas, fueron presentados por Stefanis y Langhans (1980) y Tanaka *et al.* (1983) quienes reportaron que con la aplicación de solución nutritiva en sistema hidropónico, se incrementa notablemente y en menor tiempo el crecimiento de *Echinocactus grusonii* (asiento de suegra) que es un cactus globoso.

A los 72 días después de realizar el injerto, con la aplicación de las soluciones de Steiner y la 2:2:4 de NPK se incremento 6.90 mm y 5.16 mm el diámetro del injerto, los menores incrementos se presentaron con la aplicación de la solución La Molina (3.42 mm) y el testigo (3.53 mm) supero en incremento del diámetro del injerto a la solución La Molina en los muestreos realizados a los 72, 87 y 102 días de realizado el injerto.

A los 87 días de realizado el injerto, el análisis de varianza indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 9A), con la solución de La Molina el injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* presentaba un incremento en diámetro de 6.90 mm, por efecto de la aplicación de la solución de Steiner el diámetro del injerto incremento 9.61 mm.

En el último muestreo a los 102 días de realizado el injerto, después de la solución Steiner que incremento 11.80 mm el diámetro del injerto, la solución 2:2:4 de NPK mostró los valores más altos, con un incremento total de 8.44 mm. La solución La Molina y el testigo presentaron menor incrementos en diámetro del injerto que las dos soluciones anteriores (6.22 y 6.36 mm) (Cuadro 14).

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas a los 102 días (Apéndice 10A) con un coeficiente de variación del 12.77% en los diferentes tratamientos.

Cuadro 14. Incremento del diámetro del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	20.26	32.06 ^a	11.80a
2:2:4 de NPK	20.02	28.46b	8.44b
La Molina	20.04	26.26c	6.22c
Testigo	19.54	25.90c	6.36c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.2.2 Diámetro del portainjerto

A los 102 días después de realizado el injerto, por efecto de la aplicación de los tratamientos, el incremento en diámetro del portainjerto, mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) con un coeficiente de variación del 20.22% (Apéndice 11A).

La solución de Steiner incremento el diámetro 11.80 mm con respecto al diámetro inicial (Cuadro 15). El menor incremento se presentó con la solución La Molina con 3.56 mm y la solución 2:2:4 La Molina, incremento el diámetro 4.56 mm a los 102 días después de realizado el injerto.

Nobel *et al.*, (1987), reportaron que en *Opuntia phateacantha* y *O. rastrera*, conforme se incrementaron los aportes nutrimentales al suelo, se incremento la acumulación de biomasa y por tanto el diámetro del cladodio, lo cual coincide con los resultados obtenidos con la aplicación de las tres soluciones nutritivas y como influyó en el incremento del diámetro del portainjerto a los 102 días de realizado el injerto, las tres soluciones superaron al testigo, solo incremento 2.59 mm (Cuadro 15).

Cuadro 15. Incremento del diámetro del portainjerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del portainjerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	17.97	26.51 ^a	8.54a
2:2:4 de NPK	17.87	22.43b	4.56b
La Molina	17.82	21.38c	3.56c
Testigo	17.77	20.36c	2.59d

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Delgado, (1997), al evaluar diversas cactáceas como portainjerto determino que *Hylocereus undatus*, *Stenocereus griseus*, *Stenocereus stellatus*, *Escotria chiotilla*, permitieron que el diámetro del injerto se incrementara en 6.5 mm, 7.0 mm, 5.0 mm y 6.0 mm a los 256 días después de realizado el injerto, en cada uno de los portainjertos utilizados. En el presente trabajo los diámetros anteriores fueron superados con la aplicación de las soluciones nutritivas a los 102 días después de realizado el injerto utilizando como portainjerto a *Hylocereus trigonus*.

5.2.3 Número de hijuelos

Notocactus leninghausii x *Hylocereus trigonus* no presentó emisión de hijuelos, porque el material que se utilizó como injerto fue proveniente de plántula germinada en vivero, por su misma fisiología no emite hijuelos a esta edad, esto sucede a partir de cinco años de edad o más, generalmente esta especie no emite brotes a menos que sufra daño o sea eliminada la parte apical.

Sánchez (2008) en injertos de *Rebutía muscula* reporta la emisión de 4 hijuelos a los 180 días de injertado sobre *Hylocereus undatus*, la emisión de hijuelos depende del tipo de tallo de la cactácea utilizada como portainjerto.

5.2.4 Desarrollo radical

El desarrollo radical del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* fue diferente con la aplicación de los tratamientos, el mayor desarrollo radical por efecto de los tratamientos, se presentó con la aplicación de las soluciones La Molina, 2:2:4 de NPK, y Steiner. El testigo presento el menor desarrollo del sistema radical (Figura 10).

Con la aplicación de las soluciones nutritivas se favoreció el desarrollo del sistema radical del injerto, sin embargo las plantas regadas con solución de Steiner y la 2:2:4 de NPK presentaron menor desarrollo que con la solución La Molina (Figura 10), que presento desarrollo radical homogéneo clasificado con crecimiento de raíces fibrosas con buen desarrollo (3) (Figura 11B).

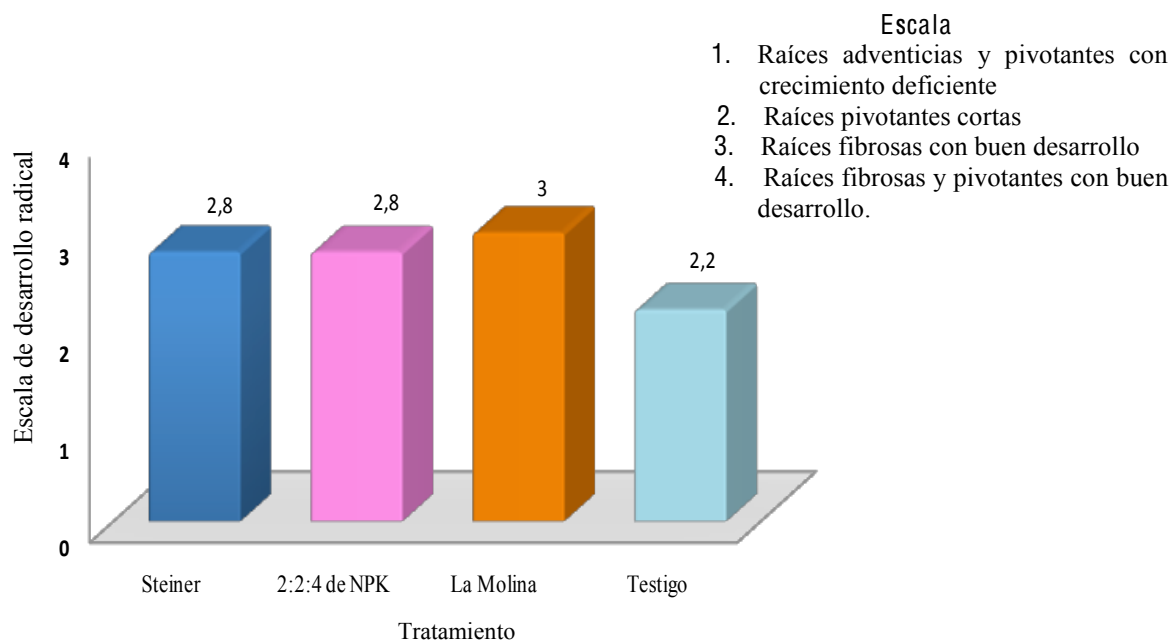


Figura 10. Desarrollo radical del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 102 días después de realizado el injerto.

La aplicación de la solución de Steiner favoreció el crecimiento del sistema radical del injerto, presentando en promedio 60% con raíces fibrosas con buen desarrollo Figura 11B (3), 20% con raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (1) y 20% con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo radical (4). Con la solución 2:2:4 de NPK el 80% de

los injertos presentaron un desarrollo radical clasificado como raíces fibrosas con buen desarrollo (3) y el 20% raíces pivotantes cortas (2).

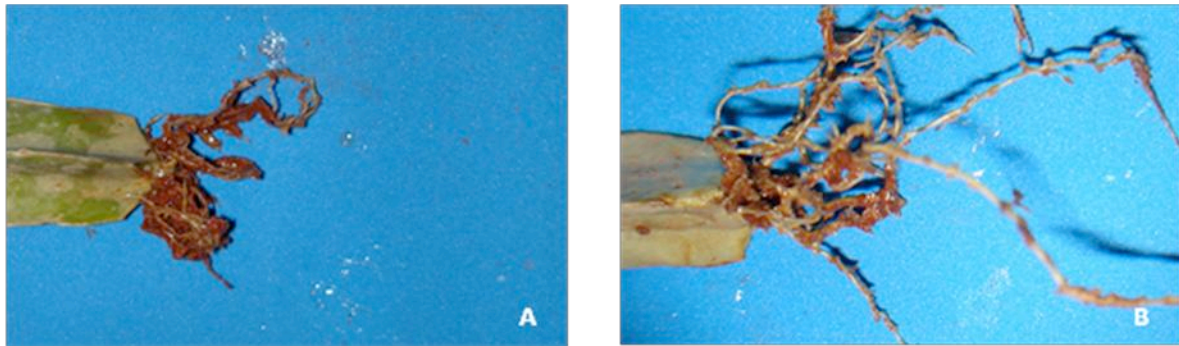


Figura 11. Escala de desarrollo radical del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* en los tratamientos que favorecieron más su desarrollo: A) Raíces pivotantes cortas (Testigo) y B) Raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (Steiner).

El desarrollo radical del injerto en el testigo, fue menor al observado en injertos con aplicación de solución nutritiva (Figura 11), el desarrollo radical en promedio fue de 2.2 (80% raíces fibrosas con buen desarrollo (3) y 20% raíces pivotantes cortas (2). Lo anterior coincide con lo reportado por Nobel, (1988), quien indicó que una deficiencia de los micronutrientes Fe, B, Cu, Mn, Zn, Cu, S y Mo disminuye el crecimiento de la raíz de *Agave sisalana*.

5.2.5 Concentración nutrimental en injerto

Nitrógeno. La mayor concentración de N se presentó en los injertos de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* que fueron tratados con las soluciones de Steiner (16.1 mg g⁻¹) y la 2:2:4 de NPK (13.8 mg g⁻¹) (Cuadro 16), lo anterior coincide con lo reportado por Gallegos, (2000) y Hagemans, (1992), quienes mencionan que las plantas de nopal para verdura (*Opuntia ficus indica* L. Miller.) presenta mayor concentración de N en tejido y tasas de crecimiento más altas cuando se aplican altas concentraciones de nitratos en la solución nutritiva (10 meq L⁻¹). Estrada y Fred (2008), reportan concentraciones de N menores en tejido de *Opuntia albicarpa* Scheinvar cv. “Reyna”.

Cuadro 16. Concentración nutrimental en tejido del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 102 días después de realizado el injerto.

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na
	----- mg g ⁻¹ -----					----- mg Kg ⁻¹ -----					
Steiner	16.1	8.0	8.1	21.4	14.7	363.5	108.3	231.9	76.4	128.4	2721.4
2:2:4 de NPK	13.8	7.8	15.7	24.4	16.1	571.0	138.2	233.7	116.7	150.3	3341.0
La Molina	11.3	1.1	5.0	3.9	3.4	123.8	63.7	62.1	34.5	27.1	395.5
Testigo	11.2	4.3	10.8	15.8	11.2	550.8	134.4	246.3	102.4	95.0	2075.5

En este caso la solución de Steiner contenía la mayor cantidad de nitratos (4 meq L⁻¹), favoreció más el desarrollo del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus*. La menor concentración de N la presentó el injerto tratado con la solución La Molina (11.3 mg g⁻¹) fue superada por el testigo con 0.1 mg g⁻¹ (Cuadro 16).

Fósforo. A los 102 días después de realizado el injerto la concentración de P en los injertos a fue mayor en los tratados con la solución de Steiner (8 mg g⁻¹), con la solución La Molina se presentó la menor concentración de P en tejido (1.1 mg g⁻¹), lo anterior coincide con lo reportado por Abbes *et al.*, (1995); Martí y Mills, (1991), cuando se aplican altas concentraciones de nitrato en la solución nutritiva se presentan bajas concentraciones de P en tejido, los mayores niveles de NO₃⁻ se aplicaron con la solución La Molina (4.2 meq).

Moreno *et al.*, (2006), y Báraza *et al.*, (2008) reportan concentraciones de P en tejido de *Opuntia boldinghii* y *Opuntia decumbens* de 1.3 mg g⁻¹ dicha concentración fue menor a la del testigo (4.3 mg g⁻¹) en injertos de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* utilizado en la presente investigación.

Potasio. La mayor concentración de K se presentó en plantas tratadas con la solución de Steiner, con la aplicación de la solución La Molina presentó una concentración de 5.0 mg g⁻¹. De acuerdo a estos resultados Delgado, (2002), reportó que el elemento que más reduce el crecimiento de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) después del N es el P, resultados similares reportó Baca, (1990) y Delgado, (1997) ante deficiencias de P en nopal su crecimiento es menor, coincide con el desarrollo que presentó el injerto *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 102 de injertado, tratado con la solución La Molina y en el testigo,

presentando los menores incrementos en diámetro del injerto y del portainjerto y por tanto una menor concentración de P en tejido, el testigo supero ligeramente la concentración que presento el injerto con la aplicación de la solución de Steiner (Cuadro 18).

Calcio. Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK, se presentaron las mayores concentraciones de Ca y K en tejido (24.4 y 15.7 mg g⁻¹), la solución de Steiner presento 21.4 mg g⁻¹. El testigo presento mayor concentración de Ca (15.8 mg g⁻¹) en tejido que la solución La Molina (3.9 mg g⁻¹), lo cual coincide con lo reportado por Clark, *et al.*, (2003), quien reportó que al incrementar la concentración de N en la solución nutritiva se incrementa la concentración de K y Ca en tejido, esto debido a que el NO₃⁻ estimula la absorción de cationes e inhibe la de aniones, si se incrementando su concentración en la solución nutritiva (NO₃⁻) se incrementa la concentración de Ca y K en tejido (Haydes, (1986).

Magnesio. La mayor concentración de Mg se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (16.1 mg g⁻¹). Las soluciones La Molina y el testigo, presentaron concentración en el tejido del injerto de 14.7 y 11.2 mg g⁻¹) (Cuadro 18).

Fierro. Con la aplicación de las soluciones nutritivas la concentración de Fe presente en tejido fue mayor al rango de 103 – 168 mg g⁻¹ que reportó Nobel, (1988) para cactáceas. La solución La Molina fue la que presento la menor concentración con 123.4 mg Kg⁻¹ con la aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK, el testigo se presentaron 571.0 y 550.8 mg Kg⁻¹ de Fe en tejido.

Boro. La concentración de B presente en los injertos de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* fue mayor al aplicar la solución 2:2:4 de NPK con 138.2 mg Kg⁻¹, en las soluciones de Steiner y el testigo fueron de 108.3 y 134.4 mg Kg⁻¹. Nobel, (1988), reportó concentraciones de 109 mg Kg⁻¹ de B en *Opuntia ficus-indica*.

Cobre. La concentración de Cu presente en tejido del injerto fue mayor en el testigo que con la aplicación de soluciones nutritivas con 246.3 mg Kg⁻¹, la aplicación de las soluciones La Molina presento las menores concentraciones de Cu (62.1 mg Kg⁻¹).

Manganeso. La concentración de Mn en las plantas tratadas con la solución 2:2:4 de NPK fue de 34.5 mg Kg⁻¹ con la aplicación de la solución de Steiner se presentó 76.4 mg Kg⁻¹.

Zinc. La aplicación de la solución 2:2:4 de NPK y la Steiner incremento la concentración de zinc (150.3 y 128.4 mg Kg⁻¹). La solución La Molina presento la menor concentración de Zn (27.1 mg Kg⁻¹) (Cuadro 18). El testigo presento menor concentración de Cu que la Steiner con 95.0 mg Kg⁻¹).

Sodio. Las concentraciones de sodio fueron altas inclusive superaron el promedio de 1000 mg Kg⁻¹ de Na que Nobel, (1988) reportó para plantas cultivadas. La mayor concentración de Na se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (3341.0 mg Kg⁻¹). Con la aplicación de la solución La Molina las concentración en tejido fue 395.5 mg Kg⁻¹ de Na.

5.2.6 Índice de Desbalance Nutricional (IDN) en injerto

Los índices DOP obtenidos (Cuadro 17) a los 102 días de realizado el injerto, indicaron que la solución nutritiva que favoreció el mayor desbalance nutricional en las plantas fue La Molina con 677, las soluciones 2:2.4 de NPK y Steiner presentaron índices menores (435 y 245); conforme incremento el índice de desbalance nutricional, disminuyó el diámetro del injerto y del portainjerto. De acuerdo a los resultados obtenidos las plantas regadas solo con agua fueron las que presentaron menor desbalance nutricional.

Cuadro 17. Índice de Desbalance Nutricional del Injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* los 102 días de realizado el injerto en tres dosis de fertilización en testigo (agua acidulada).

Solución	Índices DOP**											IDN*
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na	
Steiner	22.9	50.6	-17.7	30.5	29.2	-9.8	-2.6	19.8	-7.3	28.1	26.1	245
2:2:4 de NPK	5.3	47.2	57.7	48.5	41.8	42.6	24.7	20.8	41.4	50.0	54.9	435
La Molina	-13.7	-79.2	-49.2	-75.7	-69.6	-70.3	-43.2	-67.9	-58.2	-73.0	-77.2	677
Testigo	-14.5	-18.5	9.2	-3.2	-1.4	37.5	21.2	27.3	24.1	-5.2	-3.8	166

* IDN = Índice de Desbalance Nutricional

** DOP = Desviación del Optimo Porcentual

5.2.7 Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) en injerto

En el injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus*, de las tres soluciones nutritivas aplicadas, la solución 2:2:4 de NPK con un índice de desbalance nutricional de 435 a excepción del N el cual se presentó en una concentración optima, los 10 nutrimentos

restantes (K, Na, Zn, Ca, P, Fe, Mg, Mn, B, Cu) se presentaron en situación de exceso en tejido (Cuadro 18), la solución de Steiner solo presentó los nutrimentos P, Ca, Mg, Zn, Na, N y Cu en exceso, el Fe y K en deficiencia, el B y Mn se presentaron en concentraciones óptimas en tejido. Con la aplicación de la solución La Molina los 11 nutrimentos determinados se estuvieron presentes en concentraciones deficientes en el tejido vegetal (Cuadro 18).

Cuadro 18. Orden de requerimiento nutrimental en los tratamientos aplicados al injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus*.

Solución	Deficiente	Óptimo	Exceso
Steiner	Fe>K	B>Mn	P>Ca>Mg>Zn>Na>N>Cu
2.2.4 de NPK	-----	N	K>Na>Zn>Ca>P>Fe>Mg>Mn>B>Cu
La Molina	P>Na>Ca>Zn>Fe>Mg>Cu>Mn>K >B>N	-	-----
Testigo	N>P	Mg>Ca>Na>Zn	Fe>Cu>Mn>B>K

5.2.8 Comparación de Orden de Requerimiento Nutrimental entre injerto y portainjerto

En el injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* los nutrimentos que coincidieron (en deficiencia, en condiciones óptimas y en exceso) en injerto como en portainjerto al comparar el ORN por solución nutritiva fueron:

1. Solución de Steiner: El Fe y K se presentaron en deficiencia en el tejido y en exceso se presentó el Mg y el Na, en un nivel óptimo se presentó el B y Mn.
2. Solución 2:2:4 de NPK: En deficiencia no coincidió ningún nutrimento en ambas partes (injerto y portainjerto), en exceso coincidieron los nutrimentos Na, Mg, Na, K, Zn y B se presentó en concentración óptima o cercana al óptimo porcentual (0).
3. Solución La Molina: Con la aplicación de esta solución en deficiencia encontró únicamente el B.
4. Testigo: No coincidió ningún nutrimento tanto en estado de toxicidad así como en deficiencia, el Ca coincidió en concentraciones óptimas.

5.3 *Copiapoa tenuissima* x *Hylocereus trigonus*

5.3.1 Diámetro del injerto

El incremento en diámetro por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas al injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* mostró la misma tendencia en los muestreos realizados a los 57, 72 y 87 días después de realizado el injerto (Figura 12).

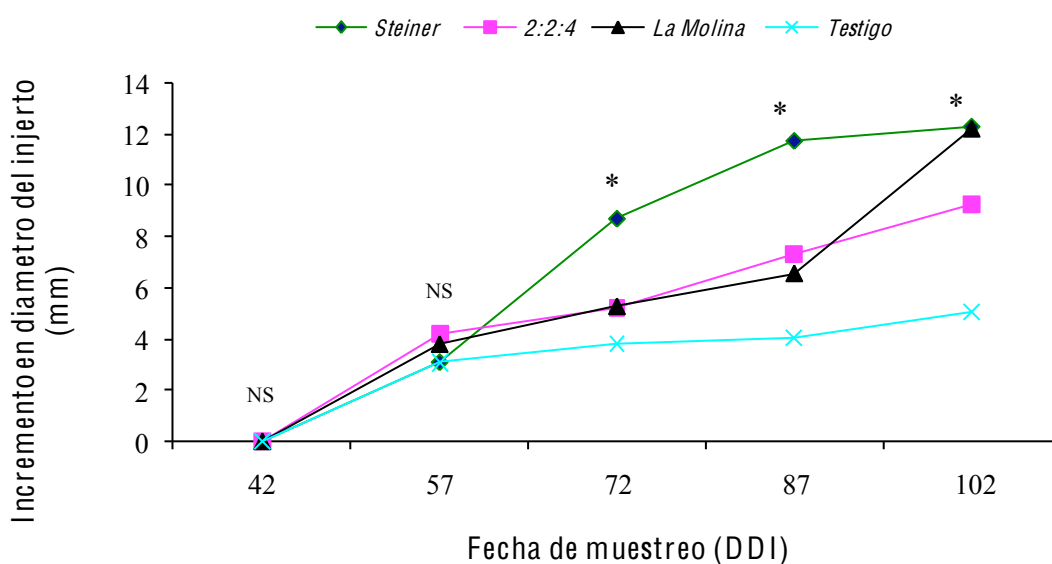


Figura 12. Incremento del diámetro del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (NS) ($P \leq 0.05$).

En el muestreo a los 57 días después de realizado el injerto, el análisis de varianza indico que no existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 12A y 13A), a los 72, 87 y 102 días si existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 13A, y 14A). Esto coincide con lo reportado por Sfanis y Langhans (1980) y Tanaka *et al.*, (1983) para *Echinocactus grusonii*.

En el muestreo a los 72 días de realizado el injerto, con la aplicación de las soluciones de Steiner, La Molina y la 2:2:4 de NPK, se incremento 8.68 mm, 5.28 mm y 5.22 mm el diámetro del injerto, el menor incremento se presentó con el testigo (3.76 mm).

Al cuarto muestreo (a los 87 días después de realizado el injerto) el análisis de varianza indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 14A) con un coeficiente de variación del 10.83%, donde la solución de Steiner superó al testigo, presentando un incremento del 11.71 mm en diámetro del injerto y el testigo solo presentó un incremento de 4.03 mm.

En los tres últimos muestreos, la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK produjo diámetros menores que con las soluciones La Molina y Steiner, mostrando un incremento final en el diámetro del injerto de 9.26 mm, en comparación con el 12.27 mm y 12.23 mm, de las soluciones antes mencionadas. Las tres soluciones nutritivas evaluadas superaron al testigo en los muestreos a los 72, 87 y 102 días después del injerto, incremento 5.03 mm su diámetro con respecto a su diámetro inicial (Cuadro 19).

Cuadro 19. Incremento del diámetro del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas y un testigo con respecto a su diámetro inicial a los 102 días.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	16.19	28.46a	12.27a
2:2:4 de NPK	14.70	23.96b	9.26b
La Molina	13.05	25.28ab	12.23a
Testigo	13.09	18.12c	5.03c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

A los 102 días de realizado el injerto, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que si existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 15A) con un coeficiente de variación del 14.35%. La solución La Molina incremento el diámetro 93.46% respecto a su diámetro inicial (Figura 12 y Cuadro 19), la solución de Steiner se incremento un 75.78 % (12.27 mm diámetro final) y la solución 2:2:4 de NPK incremento su diámetro en un 62.99% (9.26 mm).

5.3.2 Diámetro del portainjerto

A los 102 días después de realizado el injerto, el efecto de los tratamientos en el incremento del diámetro del portainjerto, mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$, Apéndice 16A), mostrando un coeficiente de variación del 43.85%.

Con la solución de Steiner se incrementó el diámetro 3.97 mm con respecto a su diámetro inicial (Cuadro 20). El menor incremento se presentó con el testigo con 1.04 mm y la solución La Molina, que presentó un incremento de 2.52 mm a los 102 días después del injerto. Delgado, (1997), injerto a *Hylocereus undatus* utilizando como portainjerto a *Hylocereus undatus* reporto un incremento en el diámetro del portainjerto a los 102 días después del injerto de 2.58 mm, en la presente investigación, con la aplicación de las soluciones nutritivas de Steiner y la 2:2:4 de NPK se supero dicho incremento con 3.97 mm y 3.54 mm (Cuadro 20).

Cuadro 20. Incremento del diámetro del portainjerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del portainjerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	17.62	21.59a	3.97a
2:2:4 de NPK	17.50	21.04a	3.54a
La Molina	17.49	20.01b	2.52b
Testigo	17.37	8.41c	1.04c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.3.3 Número de hijuelos y flores

El número de hijuelos que emitió el injerto fue mayor con la aplicación de la solución nutritiva de Steiner en la cual en promedio fue de 16.01 hijuelos, con la solución 2:2:4 de NPK emitió 14.30 y 10.51 con la solución La Molina, el testigo emitió únicamente 4.42 hijuelos.

Utilizando como patrón a *Hylocereus trigonus* no se presento floración en los injertos, se incremento el diámetro del injerto y la emisión de hijuelos fue mayor en comparación con el experimento en el cual se utilizo a *Hylocereus undatus* como patrón en el cual a los 30 días, se

presento el periodo de floración.

5.3.4 Desarrollo radical

El desarrollo radical del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* presento diferencias entre tratamientos así como entre bloques (repeticiones), el mayor desarrollo radical por efecto de los tratamientos por categorías, se presentó con la solución de Steiner (Figura 13).

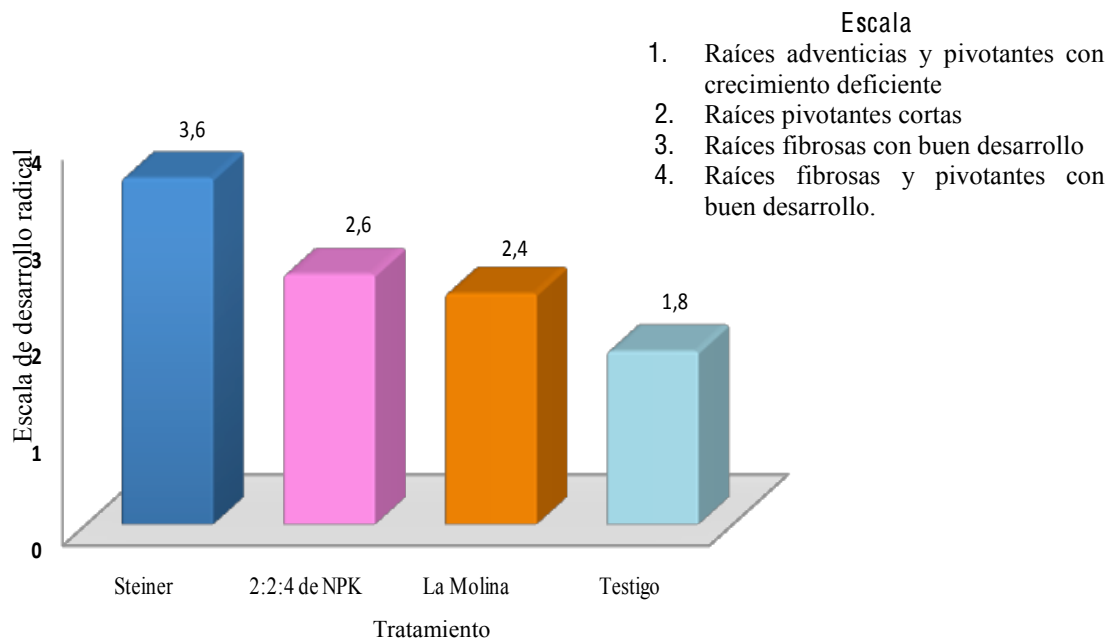


Figura 13. Desarrollo radical del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 102 días después de realizado el injerto.

Con la aplicación de la solución de Steiner se presento en promedio el 60% con raíz fibrosa y pivotante con buen desarrollo (escala 4) y el 40% con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3).

Con la solución 2:2:4 de NPK el 20% presentó sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (4), 20% con desarrollo radical con raíces fibrosas con buen desarrollo (3) y el 60% restante con raíces pivotantes con buen desarrollo (Figura 14B) (escala 2).

El desarrollo radical con la aplicación de la solución La Molina presentó 40% raíz fibrosa con buen desarrollo (3) y 60 % con raíces pivotantes cortas (escala 2).

El testigo presento menor desarrollo del sistema radical que con la aplicación de las soluciones nutritivas; el 40% de desarrollo radical presento raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (escala 1) (Figura 14A), 40 % raíces pivotantes cortas (escala 2) y el 20% restante con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3).

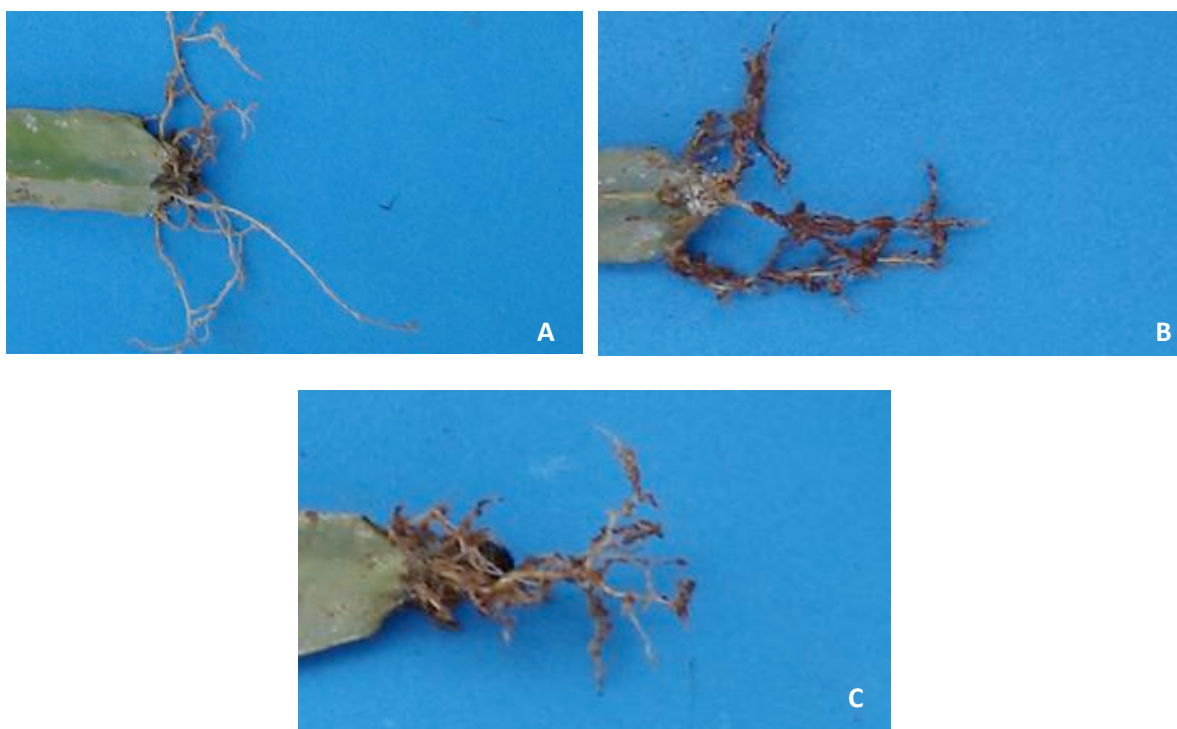


Figura 14. Desarrollo radical del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* en cada tratamiento por categoría: A) Raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (Testigo), B) Raíces pivotantes cortas (2:2:4 de NPK) y C) Raíces fibrosas con buen desarrollo (Solución de Steiner).

5.3.5 Concentración nutrimental en injerto

Nitrógeno. En los injertos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* la mayor concentración de N se presentó en el tratamiento testigo 17.1 mg g⁻¹ de N, con las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina fue de 14.7 y 14.5 mg g⁻¹ (Cuadro 21).

Gathaara, *et al.*, (1989), reportó concentraciones de N de 11.6 mg g⁻¹ en *Opuntia engelmannii* para producción de tuna. Valdez *et al.*, (2003) y Magallanes *et al.*, (2003), reportan concentraciones de 9.7 mg g⁻¹ de N en cladodios de *Opuntia ficus-indica* L. Miller, la concentración de N en los resultados obtenidos del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* están en el rango de los resultados reportados por los anteriores autores en *Opuntias*.

Cuadro 21. Concentración nutrimental en tejido del injerto *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de injertado.

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na
	mg g ⁻¹					mg Kg ⁻¹					
Steiner	12.9	3.6	14.0	6.8	14.4	405.4	137.8	267.0	80.9	94.1	1851.7
2:2:4 de NPK	14.7	4.7	12.4	6.6	15.7	599.6	121.0	225.8	90.5	105.9	550.2
La Molina	14.5	3.3	13.1	6.8	13.0	480.9	136.7	254.7	105.0	98.7	5780.7
Testigo	17.1	4.8	20.0	8.5	11.4	860.7	130.8	222.9	93.0	94.8	4971.4

Fósforo. Las concentraciones de P en las tres soluciones nutritivas y en el testigo fueron mayores a las reportadas por Nobel, (1988) la mayor concentración de P se presentó en los injertos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* testigo (Cuadro 21).

Las plantas vegetales con la solución nutritiva 2:2:4 de NPK (2 meq) con mayor concentración de P en solución también presentó valores altos de K, Mg, Fe y Zn.

Potasio. Las plantas testigo presentaron al igual que N, P, y Ca la mayor concentración de K (Cuadro 21), una concentración de 20.6 mg g⁻¹ de K. Las concentraciones presentes con la aplicación de las soluciones Steiner, La Molina y 2:2:4 de NPK (14.0, 13.1 y 12.4) fueron cercanas al rango (15.0 mg g⁻¹) reportado por Valdez *et al.*, (2003) y Magallanes *et al.*, (2003), pero menores al reportado por Nobel, (1988) para cactáceas (11.9 a 20.6 mg g⁻¹).

Calcio. Como ya se había mencionado las plantas testigo presentaron 8.5 mg g⁻¹ de Ca, la solución 2:2:4 de NPK presentó 6.6 mg g⁻¹ de Ca, las soluciones Steiner y la Molina presentaron igual concentración (6.8 mg g⁻¹ de Ca). Las concentraciones de Ca fueron similares a las encontradas por Delgado, (2002) en *Hylocereus undatus* (8.1 mg g⁻¹) y

mayores a las reportadas por el mismo autor en 1997, para brotes de *Hylocereus undatus* de un año de edad (3.2 mg g^{-1}).

Magnesio. La concentración de magnesio se incremento en los injertos donde se hizo aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (15.7 mg g^{-1}). Las soluciones La Molina y Steiner, presentaron concentraciones de 13.0 y 14.4 mg g^{-1} (Cuadro 21). El testigo presento menor concentración (11.4 mg g^{-1}) que con la aplicación de solución nutritiva al injerto. Los injertos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* concentran más Mg que P y Ca en tejido, lo que coincide con los resultados obtenidos por Blanco (2006), quien menciona que el Mg se concentra cuatro veces más que el P en cladodios de Nopal.

Fierro. Cuando *Copiapoa tenuissima* forma cristata esta injertada, la concentración de esta fue menor que cuando se desarrollo en maceta y una vez más las plantas testigo tienen la mayor concentración (860.7 mg g^{-1}), siguiendo los cactus regados con las solución 2:2:4 de NPK y La Molina (599.6 y 480.9 mg Kg^{-1} de Fe en tejido). Nobel, (1988) reporto concentraciones de 219 mg Kg^{-1} de Fe en *Opuntia bigelovii*, con la aplicación de las soluciones nutritivas la concentración fue mucho mayor.

Boro. La concentración de B presente en los injertos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK con 121.0 mg Kg^{-1} , las soluciones Steiner y La Molina presentaron concentraciones de 137.8 y 136.7 mg Kg^{-1} . Nobel, (1988), reportó concentraciones de 109 mg Kg^{-1} de B en *Opuntia ficus-indica*. Delgado, (2002) reportó concentraciones de B de 51.25 mg Kg^{-1} en *Hylocereus undatus*.

Cobre. La menor concentración de Cu en el tejido del injerto se presento en el testigo con 222.9 mg Kg^{-1} Con la aplicación de las soluciones La Molina y Steiner la concentración de Cu presente en tejido fue de 254.7 y 267.0 mg Kg^{-1} , con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK la concentración fue de 225.8 mg Kg^{-1} . Delgado, (2002) reportó concentraciones de Cu de 55.14 mg Kg^{-1} en *Hylocereus undatus*.

Manganeso. La concentración de Mn presente en las plantas tratadas con la solución La Molina fue de 90.5 mg Kg^{-1} , con la aplicación de la solución de Steiner la concentración en

tejido fue de 80.9 mg Kg⁻¹ (Cuadro 21), coincide con lo reportada por Nobel, (1988), en *Opuntia phateacantha*. En la solución 2:2:4 de NPK la concentración fue de 90.5 mg Kg⁻¹.

Zinc. La mayor concentración de Zn se presentó con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK (105.9 mg Kg⁻¹). Las soluciones La Molina y Steiner, presentaron igual concentración en el tejido del injerto (98.7 y 94.1 mg Kg⁻¹) (Cuadro 21).

Sodio. La mayor concentración de Na se presentó con la aplicación de la solución la Molina (5780.7 mg Kg⁻¹). Con la aplicación de las soluciones de Steiner y la 2:2:4 de NPK, las concentraciones en tejido fueron 1851.7 y 550.2 mg Kg⁻¹ de Na, esta última solución presento menor concentración de Na en tejido del injerto.

5.3.6 Índice de Desbalance Nutricional (IDN) en injerto

Con los valores de concentraciones nutrimentales obtenidos (índices DOP) a los 102 DDI (Cuadro 22), el testigo presentó el mayor IDN con 250, la solución de Steiner presentaron índices similares (380), la correlación de incremento en diámetro del injerto y el IDN de la solución indican, que conforme incrementa el IDN disminuye el diámetro del injerto, altura y número de hijuelos, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de la solución La Molina, coincide con lo reportado por Davee *et al.*, (1986), menciona que se han encontrado cultivos con IDN bajo y rendimiento alto.

Cuadro 22. Índice de Desbalance Nutricional del Injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 102 después de realizado el injerto en tres dosis de fertilización en testigo.

Solución	Índices DOP**											
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na	IDN*
Steiner	-12.8	-10.8	-5.5	-5.6	5.7	-31.2	4.8	10.0	-12.4	-4.3	277.0	380
2:2:4 de NPK	-0.7	12.1	-16.2	-7.8	15.0	2.2	-8.1	-6.9	-2.0	7.7	-98.9	178
La Molina	-2.0	-17.8	-11.1	-5.4	-4.4	-18.2	3.9	5.0	13.6	0.3	-88.2	170
Testigo	15.5	16.6	32.8	18.8	-16.3	47.2	-0.6	-8.1	0.8	-3.7	-89.9	250

* IDN = Índice de Desbalance Nutricional

** DOP = Desviación del Optimo Porcentual

5.3.6 Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) en injerto

En el injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* de las tres soluciones nutritivas aplicadas, el testigo presento un índice de desbalance nutricional de (250), de los once nutrientes determinados cinco se presentaron en situación de deficiencia y los seis restantes en exceso en el tejido vegetal (Cuadro 23).

Con la aplicación de la solución de Steiner de los 11 nutrientes determinados el Fe, N, Mn y P se encontraron en deficiencia y el Na y Cu en exceso (Cuadro 23), los nutrientes Ca, K, Zn, Mg y B presentaron concertaciones cercanas al óptimo porcentual. Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK el Na, K, B, Ca, y Cu se encontraron en deficiencia y el Mg, P y Zn en exceso en el caso del Mn, N y Fe se encontraron en concentraciones cercanas al óptimo porcentual. Con la solución La Molina el Na, Fe, P y K se encontraron en situación de déficit lo que confirma su mediana movilidad y la inmovilidad del Fe en la planta, el Mn se encontró exceso, en el caso del Ca, Mg, N, Cu, B y Zn en concentraciones adecuadas cercanas a cero.

En el testigo los nutrientes que se encontraron en deficiencia fueron el Na, Mg, y Cu, y el exceso el N, Fe, K, Ca y P. El Zn, By Mn se encontraron en concentraciones adecuadas o cercanas al cero.

Cuadro 23. Orden de Requerimiento Nutricional (ORN), en los tratamientos aplicados al injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* donde se determino la concentración nutricional al portainjerto.

Solución	Deficiente	Optimo	Exceso
Steiner	P>Mn>N>Fe	Mg>B>Zn>K>Ca	Na>Cu
2:2:4 de NPK	Ca>B>K>Na	Zn>Fe>N>Mn>Cu	Mg>P
La Molina	K>P>Fe>Na	Cu>B>Zn>N>Mg>Ca	Mn
Testigo	Cu>Mg	Mn>B>Zn>Na	Fe>K>Ca>P>N

5.3.7 Comparación de Orden de Requerimiento Nutricional entre injerto y portainjerto

En el injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* los nutrientes que coincidieron (en deficiencia, en condiciones óptimas y en exceso) en injerto como en portainjerto al comparar el ORN por solución nutritiva fueron:

- 1) Solución de Steiner. El Fe se presentó en deficiencia en el tejido y el Na en exceso.
- 2) Solución 2:2:4 de NPK. En deficiencia no coincidió ningún nutriente en ambos materiales (injerto y portainjerto), en concentraciones óptimas el Fe, Mn, Cu y N y en exceso el Mg.
- 3) Solución La Molina. El Cu, N, Mg y Ca se presentó en exceso en concentraciones óptimas en injerto y portainjerto, en deficiencia y en exceso no coincidió ningún nutriente.
- 4) Testigo. No coincidió ningún nutriente en exceso, pero sí en deficiencia (Mg) y en concentraciones óptimas el Mn y el B.

CONCLUSIÓN

En el experimento I, utilizando como injerto a *Lobivia sylvestrii* forma aurea, *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata y como portainjerto a *Hylocereus trigonus* establecido en sistema hidropónico, los resultados indicaron que la aplicación de solución nutritiva favorece el desarrollo del injerto, en comparación con el testigo (sin solución nutritiva). Para el presente experimento se rechaza la hipótesis planteada que indica que “La aplicación de la solución nutritiva con altos contenidos de K favorece el crecimiento del injerto”; de las tres soluciones nutritivas evaluadas la solución de Steiner (con menor cantidad de K) favoreció más el desarrollo del injerto de las tres especies, seguida de la solución La Molina para el caso de *Lobivia sylvestrii* forma aurea y *Copiapoa tenuissima* forma cristata y la 2:2:4 de NPK para *Notocactus leninghausii*.

Con el uso de soluciones nutritivas se favorece el desarrollo del injerto y se obtienen injertos con valor comercial en el mercado, utilizando como portainjerto a *Hylocereus trigonus* en las especies *Lobivia sylvestrii* forma aurea, *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata, se recomienda utilizar la solución de Steiner.

Experimento II (Utilizando *Hylocereus undatus* como portainjerto)

5.4 *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus*

5.4.1 Diámetro del injerto

El análisis de varianza para la variable diámetro del injerto, indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), entre tratamientos (Apéndice 1B, 2B, 3B y 4B) en los muestreos realizados a los 57, 72, 87 y 102 días después del injerto (Figura 15).

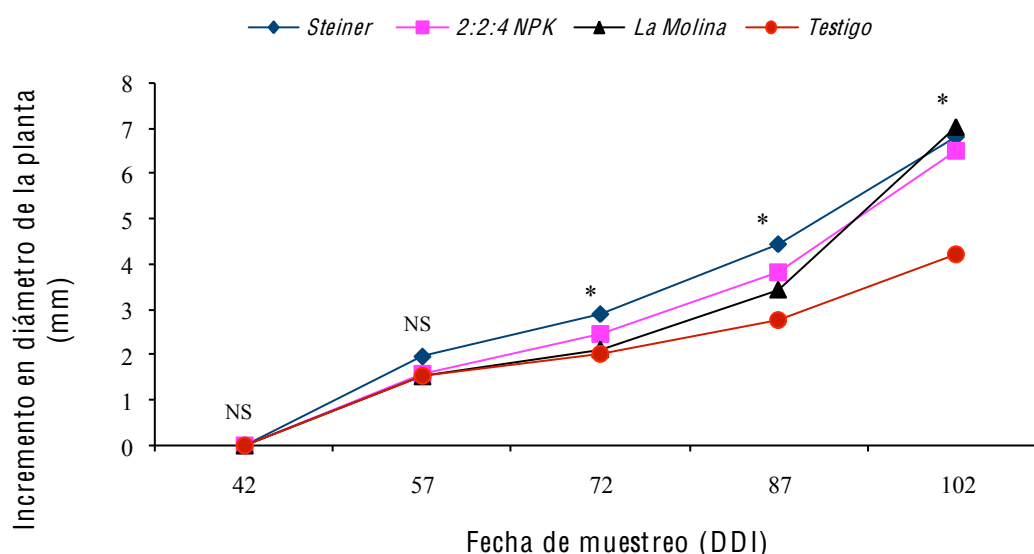


Figura 15. Incremento del diámetro de *Lobivia sylvestrii* x *Hylocereus undatus*, en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). Significativo (*) y no significativo (NS) ($P \leq 0.05$).

Por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* mostró un incremento en el diámetro con las tres soluciones nutritivas el orden en los tres muestreos realizados (57, 72 y 87 días) fue: 1) solución de Steiner, 2) solución 2:2:4 de NPK y 3) solución La Molina y 4) testigo. A los 57 días después del injerto, con la aplicación de la solución nutritiva de Steiner se presentó el mayor incremento en diámetro del injerto (1.97 mm) con respecto a su diámetro inicial, las soluciones 2:2:4 de NPK, La Molina y el testigo presentaron un incremento en diámetro similares (1.58 mm, 1.53mm y 1.54 mm).

A los 72 días de realizado el injerto, el análisis de varianza ($P \leq 0.05$) indicó que existieron

diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 2B), el mayor incremento se presentó con la aplicación de la solución nutritiva de Steiner, con 2.91 mm y la solución 2:2:4 de NPK presentó 2.13 mm.

A los 87 días después del injerto, la solución de Steiner favoreció más el incremento en diámetro del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus*, las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina presentaron incrementos en diámetro de 3.83 mm y 3.45 mm, el testigo presentó un diámetro ligeramente menor (2.75 mm) al que presentaron las soluciones antes mencionadas (Figura 15).

A los 102 días después de realizado el injerto (DDI) el análisis de varianza (ANOVA) indicó que si existieron diferencias estadísticamente significativas (Apéndice 4B) con un coeficiente de variación (C. V.) del 21.72% en los diferentes tratamientos.

Cuadro 24. Incremento del diámetro del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	11.19	18.03a	6.84ab
2:2:4 de NPK	11.70	18.20a	6.50b
La Molina	11.66	18.71a	7.05a
Testigo	11.15	15.36b	4.21c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La solución La Molina favoreció más el desarrollo del injerto, incrementando 7.05 mm con respecto a su diámetro inicial (Cuadro 24), la solución de Steiner incremento 6.84 mm su diámetro final, y la solución 2:2:4 de NPK, incremento su diámetro 6.50 mm.

Cruz *et al.*, (1990) y Baca (1990), reportaron que una deficiencia de N en nopal provocó disminución del crecimiento; por el papel fisiológico de este nutrimento en la diferenciación y alargamiento celular en la planta, al estar en condiciones de deficiencia provocando una disminución en el metabolismo, manifestándose la reducción del crecimiento (Clark, (1987) y Resh (2001), lo anterior coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde el testigo presentó el menor incremento en diámetro del injerto (Cuadro 24).

Con la aplicación de las tres soluciones nutritivas se incremento el diámetro del injerto, con respecto al testigo, los injertos obtenidos mostraron una mejor calidad comercial del injerto que los obtenidos sin fertilización.

5.4.2 Diámetro del portainjerto

Los mejores resultados en incremento del diámetro del portainjerto se presentaron con la aplicación de las soluciones de Steiner y la 2:2:4 de NPK en las que el portainjerto (*Hylocereus undatus*) incremento 8.81 mm (32.46% con respecto al diámetro inicial) y 7.96 mm (29.62%). El análisis de varianza indico que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 5B).

Delgado, (1997) reporta que el desarrollo de *Hylocereus undatus* se incrementa con la aplicación de las soluciones nutritivas, caso contrario reporta cuando es sometido a deficiencias de macronutrientes a excepción del Mg reduce considerablemente su crecimiento vegetativo (Delgado, 2002).

Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación donde con la aplicación de las soluciones nutritivas se favoreció el incremento en diámetro del portainjerto y sin la aplicación de la solución nutritiva el desarrollo del portainjerto disminuye (Cuadro 25), el testigo mostró el menor incremento, al no contener nutrientes en la solución nutritiva, Delgado (2002) reporto que una deficiencia de N reduce más el crecimiento de la pitahaya que cualquier otro nutriente, el P es el segundo nutriente que más limita el crecimiento de la pitahaya después del N, este comportamiento fue reportado por Baca, (1990); Cruz (1990) y Delgado, (1997) en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller.), coincide con lo reportado por Stefanis y Langhans, (1980); Nobel y Hartsock (1983) y Nobel *et al.*, (1987), quienes reportan que la deficiencia de macronutrientes provoca una reducción en el crecimiento vegetativo de la planta.

Con la aplicación de los tratamientos El desarrollo del portainjerto de *Hylocereus undatus*, fue mayor en comparación con el que se presento en el portainjerto de *Hylocereus trigonus* (Cuadro 25).

Cuadro 25. Incremento del diámetro del portainjerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	27.15	35.96a	8.81ab
2:2:4 de NPK	26.87	34.83ab	7.96ab
La Molina	26.56	33.81ab	7.25a
Testigo	26.40	29.55b	3.15b

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.4.3 Altura del injerto

A los 102 días de realizado el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus*, los resultados indicaron que si existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 6B). El tratamiento que favoreció más el incremento en altura del injerto fue la solución La Molina (57.12 mm), con las soluciones 2:2:4 de NPK y Steiner el incremento fue menor (51.98 mm y 47.97 mm) al reportado con la aplicación de la solución la Molina pero no superior al testigo (23.64). La aplicación de soluciones nutritivas favoreció el incremento en altura del injerto con respecto a su altura inicial que estaba en un rango de (22.87 mm – 23.10 mm).

Cuadro 26. Incremento de altura del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada) con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Altura del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	22.95	70.92b	47.97b
2:2:4 de NPK	22.87	74.85b	51.98b
La Molina	23.67	80.79 ^a	57.12a
Testigo	23.10	46.74c	23.64c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 DDI (Días Después de realizado el Injerto).

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En injertos de *Lobivia sylvestrii* forma aurea injertados sobre *Hylocereus undatus* Sánchez (2008), reporta incrementos en altura del injerto de 35 mm y 20 mm, a los 150 días de tratados con una mezcla comercial de fertilizante (19-19-19 + micros) a dosis de 1 g L⁻¹ en injertos de 1 y 3 meses. En *Lobivia sylvestrii* y *Lobivia sylvestrii* forma aurea injertada sobre pitaya (*Stenocereus griseus*), reporto alturas del injerto de 46.4 mm y 42.7 mm a los 150 días de tratados con la mezcla comercial (19-19-19 + micros) a dosis de 2 g L⁻¹, los resultados obtenidos por López (2006) fueron superiores a los reportados por Sánchez, (2008), pero no superiores a los obtenidos en la presente investigación (Cuadro 26).

5.4.4 Numero de hijuelos

Los injerto obtenidos utilizando a *Hylocereus undatus* como portainjerto fueron de menor calidad comercial que los obtenidos con *Hylocereus trigonus* como portainjerto. A los 102 días después de realizado el injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* no se presentó emisión de hijuelos.

Para esta especie injertada sobre *Hylocereus undatus* Sánchez, (2008) reporto la emisión de 16 y 4 brotes en injertos de 1 y 3 meses de edad tratados 150 días con la mezcla comercial ya mencionada en el apartado anterior. El mayor número de brotes se presentaron en injertos de menor edad de injertados.

5.4.5 Desarrollo radical

Por efecto de la aplicación de los tratamientos, el desarrollo radical del injerto *Lobivia sylvestrii* x *Hylocereus undatus* fue diferente, con la aplicación de las soluciones nutritivas se favoreció el desarrollo del sistema radical del injerto, sin embargo las plantas regadas con la solución 2:2:4 de NPK, y Steiner presentaron mayor desarrollo (Figura 16), con la solución La Molina el desarrollo fue menor a las soluciones anteriores pero superior al testigo.

Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK se presentó en promedio el 20% con un sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (4), 40% raíces fibrosas con buen desarrollo (3) Figura 17B, y el 40% restante con raíces pivotante cortas (4).

Con la aplicación de la solución de Steiner en promedio presento: 1) el 40% con un desarrollo del sistema radical con raíz fibrosa y pivotante con buen desarrollo (4), 40% con raíces

fibrosas con buen desarrollo (3) Figura 17C y el 20% con raíces pivotantes cortas (2). Por efecto de la aplicación de la solución La Molina el desarrollo del sistema radical del injerto fue menor en comparación con el de las soluciones 2:2:4 de NPK y la solución de Steiner, mostrando el 60% con un desarrollo del sistema radical clasificado en la categoría (3) raíz fibrosa con buen desarrollo y el 40% con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (2).

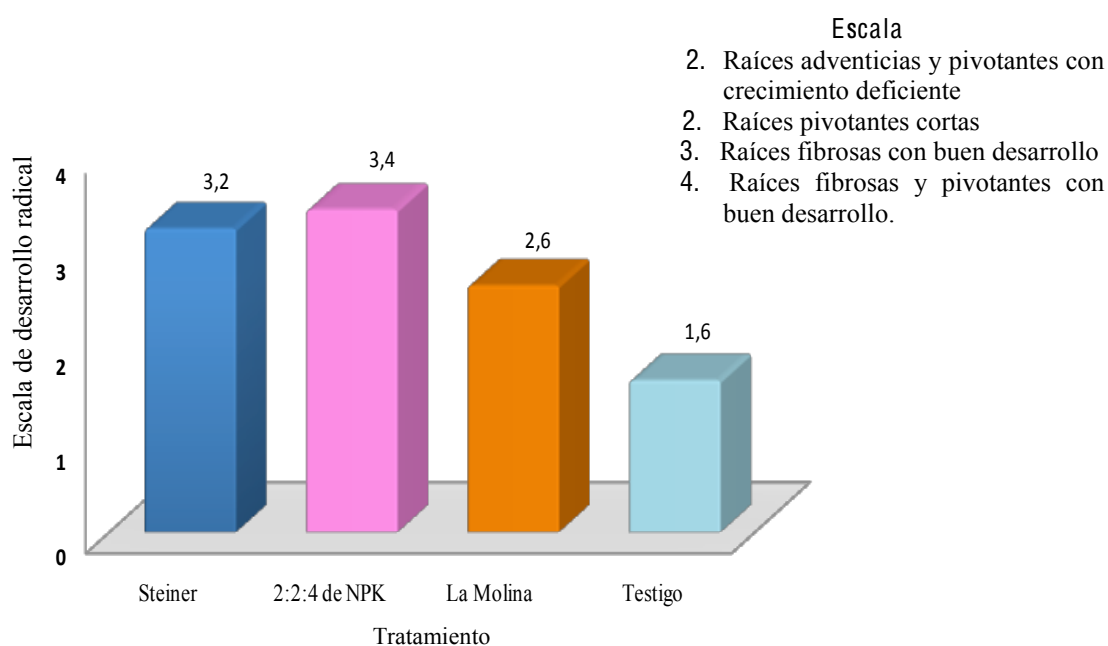


Figura 16. Desarrollo radical del injerto de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto.

Con la aplicación de las soluciones nutritivas se favoreció el desarrollo del sistema radical del injerto, es evidente al comparar el porcentaje de desarrollo radical de los injertos con las soluciones nutritivas y el testigo que presentó un menor desarrollo radical (Figura 16).

En el testigo el 60% presento sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (2) y 40% con raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (1) Figura 17A. Jones *et al.*, (1985), reporta que bajo condiciones de exceso de humedad el crecimiento y la extensión de la raíz es menor que bajo condiciones de sequía. En la presente investigación se encontró que la nutrición también tiene efecto en el crecimiento del sistema radical de *Hylocereus undatus*.



Figura 17. Desarrollo radical del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* en cada tratamiento por categoría: A) raíz adventicia y pivotante con crecimiento deficiente (testigo), B) raíces pivotante cortas (solución 2:2:4 de NPK) y C) raíces fibrosas con buen desarrollo (solución de Steiner).

5.5 *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus*

5.5.1 Diámetro del injerto

El incremento en diámetro por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* mostró la misma tendencia que las otras especies por muestreos realizados. (Figura 18).

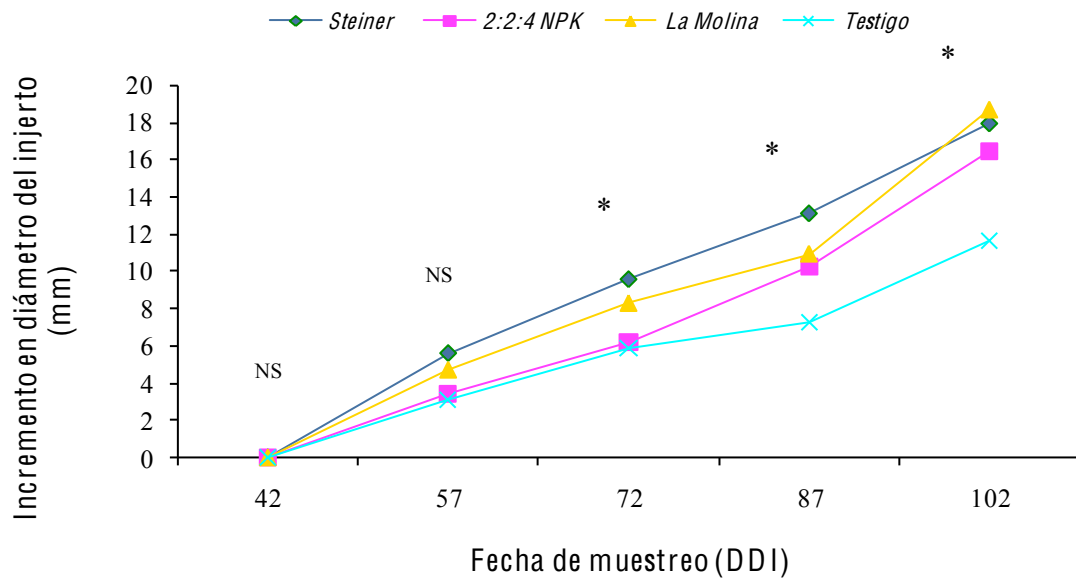


Figura 19. Porcentaje de incremento del diámetro de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (NS) ($P \leq 0.05$).

En el primer muestreo a los 57 días después de realizado el injerto, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 7B), en los tres siguientes muestreos realizados, si existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 8B, 9B y 10B). El orden de incremento en diámetro del injerto por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas fue: 1) solución de Steiner y 2) solución 2:2:4 de NPK y 3) solución La Molina, dichas soluciones superaron al testigo en incremento de diámetro del injerto en cada uno de los muestreos realizados (Cuadro 28).

Lo anterior coincide con lo reportado por Stefanis y Langhans (1980) y Tanaka *et al.*, (1983) quienes comprobaron que con la aplicación de solución nutritiva y manejo hidropónico se incrementa el crecimiento de cactus globosos y de *Echinocactus grusonii* (asiento de suegra).

De las tres soluciones nutritivas aplicadas a los injertos de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus*, el tratamiento con la solución de Steiner presentó el mayor incremento del diámetro de injerto registrando un 32.06% (17.90 mm) en el muestreo final (Cuadro 28).

Con la aplicación de la solución La Molina a los 57 días, después de la solución de Steiner es la que mostró los valores más altos, incremento 4.71 mm el diámetro del injerto. Con la 2:2:4 de NPK el incremento en diámetro fue menor (3.37 mm), pero ligeramente superior al del testigo (3.12).

A los 72 días, con la aplicación de las soluciones de Steiner y la La Molina se incremento 9.55 mm y 8.29 mm el diámetro del injerto, los menores incrementos se presentaron con las soluciones 2:2:4 de NPK (6.15 mm) y el testigo (5.90 mm).

Al cuarto muestreo (a los 87 días) el análisis de varianza indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 9B), la solución que favoreció más el incremento del diámetro del injerto con la solución de Steiner (13.08 mm), con la solución La Molina el injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* presentaba un incremento en diámetro de 10.95 mm, diámetro similar se presento por efecto de la aplicación de la solución de 2:2:4 de NPK con 10.25 mm, el testigo solo incremento 7.3 mm su diámetro.

A los 102 días de realizado el injerto, el análisis de varianza (ANAVA) indicó que si existieron diferencias estadísticamente significativas (Apéndice 10B) con un coeficiente de variación (C. V.) del 15.90% en los diferentes tratamientos. Con la solución La Molina se incremento el diámetro del injerto 18.68 mm respecto a su diámetro inicial (Cuadro 27), con la solución de Steiner se incremento 17.90 mm el diámetro del injerto y la solución 2:2:4 de NPK incremento 16.43 mm. Las tres soluciones nutritivas evaluadas superaron al testigo en los muestreos realizados a los 72, 87 y 102 días de realizado el injerto, mostrando a los 102 días el testigo un incremento en diámetro de 11.64 mm.

Cuadro 27. Incremento del diámetro del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	19.72	37.62a	17.90b
2:2:4 de NPK	18.63	35.06ab	16.43b
La Molina	20.17	38.85a	18.68a
Testigo	20.65	32.29b	11.64c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.5.2 Diámetro del portainjerto

A los 102 días después de realizado el injerto, el incremento en diámetro del portainjerto por efecto de los tratamientos, mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) Apéndice 11B, mostrando un C. V. del 33.19%. El menor incremento en diámetro del portainjerto se presentó con la solución de Steiner (6.66 mm), el mayor incremento se presentó con la solución 2:2:4 de NPK con 11.37 mm, la solución La Molina, presentó un incremento de 10.48 mm, en el testigo solo se incremento 4.21 mm el diámetro (Cuadro 28).

Nobel *et al.*, (1987) reportaron que en *Opuntia phateacantha* y *Opuntia rastrera*, conforme se incrementaron los aportes nutrimentales al suelo, se incremento la acumulación de biomasa y por tanto el diámetro del cladodio, lo cual coincide con los resultados obtenidos con la aplicación de las tres soluciones nutritivas en la presente investigación, la aplicación de soluciones nutritivas influyó en el incremento del diámetro del portainjerto a los 102 días después de realizado, dado que las tres soluciones superaron al testigo, que solo incremento 4.21 mm. Delgado (1997), injerto a *Hylocereus undatus* utilizando como portainjerto a 1) *Hylocereus undatus* (pitahaya), 2) *Stenocereus griseus* Haworth (pitaya de mayo), 3) *Stenocereus stellatus* Riccobono (pitahaya de septiembre o xoconoxtle) y 4) *Escotria chiotilla* Webwer, el diámetro del injerto incremento 6.5 mm, 7 mm, 5 mm y 6 mm en 256 días, en cada uno de los portainjertos utilizados, dichos diámetros fueron superados con la aplicación de las soluciones nutritivas a los 102 días después de realizado el injerto en la presente investigación.

Cuadro 28. Incremento del diámetro del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas y un testigo con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del portainjerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	24.85	31.51b	6.66b
2:2:4 de NPK	24.67	36.04a	11.37b
La Molina	24.68	35.15a	10.47a
Testigo	24.56	28.77c	4.21b

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.5.3 Número de hijuelos

El injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* no presentó emisión de hijuelos (Figura 19), debido a que el material que se utilizó como injerto fue proveniente de plántula germinada en vivero, por lo cual por su misma fisiología no emite hijuelos solo cuando es una planta adulta (a partir de cinco años de edad).

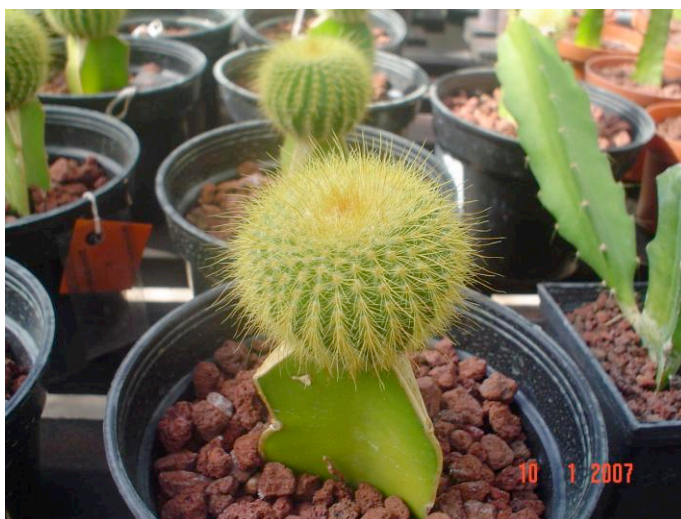


Figura 19. *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus*, sin emisión de hijuelos.

7.5.4 Desarrollo radical

Para la variable desarrollo radical del injerto *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* se encontraron diferencias entre tratamientos, el mayor desarrollo radical por efecto de los tratamientos por categorías, se presentaron con las soluciones Steiner, La Molina y 2:2:4 de NPK, el testigo presento el menor desarrollo del sistema radical del injerto (Figura 20).

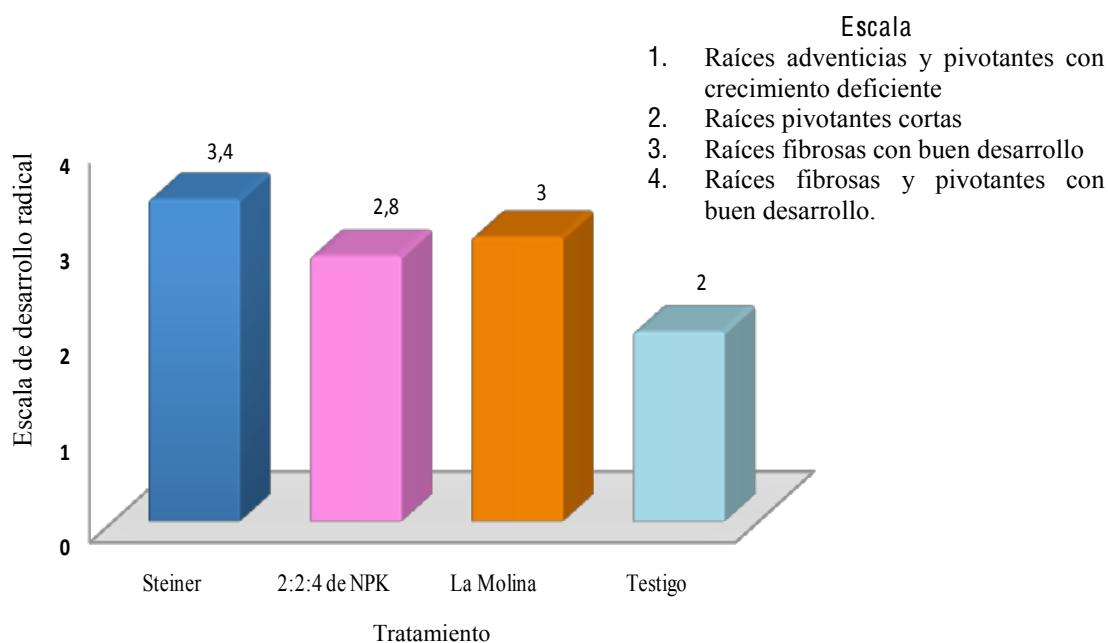


Figura 20. Desarrollo radical del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto en los diferentes tratamientos.

Con la aplicación de la solución de Steiner se presento en promedio 60% sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (4), 20% con raíces fibrosas con buen desarrollo Figura 21B (escala 3) y el 20% raíces pivotantes cortas (escala 2).

El desarrollo radical del injerto con la aplicación de la solución La Molina fue menor al que se presento con la solución de Steiner pero superior a la solución 2:2:4 de NPK y el testigo, el 20% presentó sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (escala 4), 40% raíces fibrosas con buen desarrollo y 40% con raíces pivotantes cortas (escala 2).

La solución 2:2:4 de NPK, presento un desarrollo del sistema radical de: el 40% raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (escala 4), 20% raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) Figura 21B y 40% con raíces pivotantes cortas (escala 2).

El testigo presento un 60% raíces pivotantes cortas (escala 2), 30% raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 20% con raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente Figura 21A (escala 1).



Figura 21. Desarrollo radical del injerto de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* en cada tratamiento por categoría: A) raíces pivotantes cortas (testigo) y B) raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (solución de Steiner).

5.6 *Copiapoa tenuissima* x *Hylocereus undatus*

5.6.1 Diámetro del injerto

El incremento en diámetro del injerto por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* mostró la misma tendencia en incremento por tratamiento en los cuatro muestreos realizados a los 57, 72, 87 y 102 DDI (Figura 22).

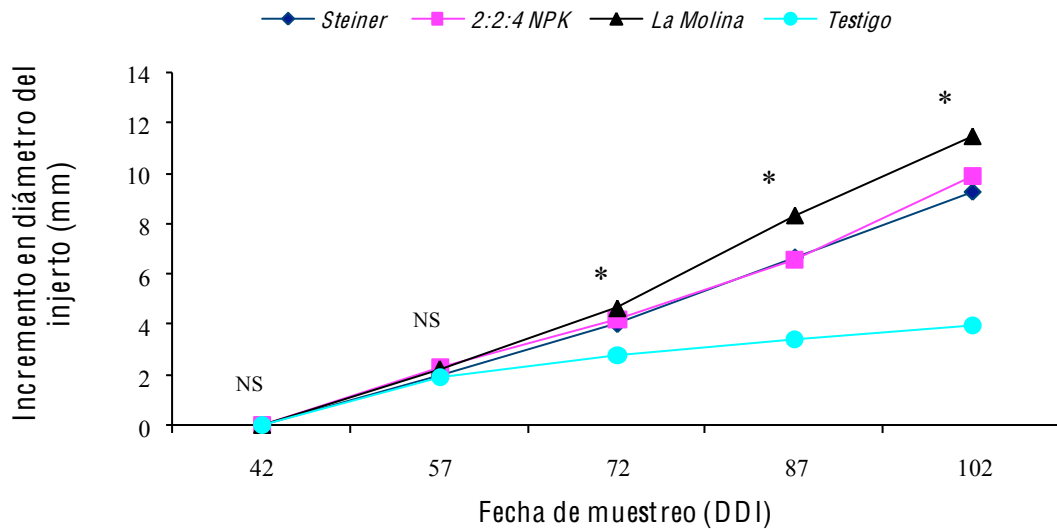


Figura 22. Incremento del diámetro de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo. Significativo (*) y no significativo (NS) ($P \leq 0.05$).

En el primer muestreo a los 57 días de realizado el injerto, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 12B), en los tres siguientes muestreos realizados a los 72, 87 y 102 días, si existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Apéndice 13B, 14B y 15B).

El orden de incremento en diámetro del injerto por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas fue: 1) solución La Molina y 2) solución 2:2:4 de NPK y 3) solución de Steiner, dichas soluciones superaron al testigo en incremento en diámetro del injerto en cada uno de los muestreos realizados (Cuadro 32B).

Hernández (2004), indica que la calidad de producción de cladodios de *Opuntia* spp. depende directamente de la nutrición del cultivo, lo anterior coincide con los resultados obtenidos en los que, el mayor incremento en diámetro del injerto se presentaron con la aplicación de las soluciones nutritivas.

De las tres soluciones aplicadas a los injertos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 57 días después de realizado el injerto, el tratamiento con la solución 2:2:4 de NPK, presentó el mayor incremento en diámetro de injerto con 2.30 mm, la solución que mantuvo la tendencia de mayor incremento en los muestreos a los 72, 87 y 102 días de realizado el injerto fue La Molina con (4.64 mm, 8.33 mm y 11.48 mm) (Cuadro 29).

Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK a los injertos, después de la solución la Molina, mostró los valores más altos, al final del experimento incremento 9.95 mm el diámetro del injerto, las tres soluciones nutritivas evaluadas superaron al testigo (4.01 mm) en los cuatro muestreos realizados (Cuadro 33).

A los 72 días de realizado el injerto, con la aplicación de las soluciones La Molina y la 2:2:4 de NPK se incremento 4.64 mm y 4.23 mm el diámetro del injerto, los menores incrementos se presentaron con la aplicación de la solución de Steiner (4.02 mm) y el testigo (2.79).

Al cuarto muestreo, el análisis de varianza indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 14B), con la solución La Molina el injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* presentó un incremento en diámetro del injerto de 8.33 mm (Cuadro 29). Con la aplicación de las soluciones Steiner y 2:2:4 de NPK incremento 6.69 mm y 6.61 mm superando al testigo que solo incremento 3.43 mm a los 87 días.

A los 102 días, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que si existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 15B) con un coeficiente de variación del 12.76%.

Cuadro 29. Incremento del diámetro del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del injerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	13.98	23.28b	9.30ab
2:2:4 de NPK	12.60	22.55b	9.95ab
La Molina	14.11	25.59a	11.48a
Testigo	16.00	20.01c	4.01b

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Con la solución La Molina se incremento el diámetro del injerto 11.48 mm respecto a su diámetro inicial (Cuadro 29), con la solución de Steiner incremento 9.30 mm y con la solución 2:2:4 de NPK 9.95 mm, el menor incremento lo presento el testigo con 4.01 mm.

5.6.2 Diámetro del portainjerto

A los 102 días, el incremento del diámetro del portainjerto, mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) Apéndice 16B, mostrando un coeficiente de variación del 43.85% (Apéndice 16B). Con la solución de Steiner se incrementó el diámetro en un 32.29% con respecto a su diámetro inicial lo que representó 7.91 mm (Cuadro 30). El menor incremento se presentó en el testigo (2.79 mm), con la solución 2:2:4 de NPK y la molina incremento 7.07 mm y 6.50 mm.

Nobel *et al.*, (1987), reportaron en *Opuntia phateacantha* y *Opuntia rastrera*, que conforme se incrementaron los aportes nutrimentales al suelo, incremento la acumulación de biomasa y el diámetro del cladodio, coincide con los resultados obtenidos con la aplicación de las tres soluciones nutritivas en la presente investigación, influyó en el incremento del diámetro del portainjerto a los 102 días después de realizado, superando al testigo, que incremento 2.79 mm.

Cuadro 30. Incremento del diámetro del portainjerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* en las tres soluciones nutritivas con respecto a su diámetro inicial.

Solución	Diámetro del portainjerto (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	24.38	32.29a	7.91a
2:2:4 de NPK	23.88	30.95b	7.07a
La Molina	23.81	30.31b	6.50b
Testigo	23.40	26.19c	2.79c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.6. 3 Número de hijuelos

En el injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* el número de hijuelos que emitió fue mayor con la aplicación de la solución nutritiva universal de Steiner en promedio presento 13.0 hijuelos, con la solución 2:2:4 de NPK 9.6 y 6.5 con la solución La Molina, el testigo emitió únicamente 3.4 hijuelos (Cuadro 31).

Cuadro 31. Número de hijuelos, flores y frutos del injerto *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* en los diferentes tratamientos a los 102 días de realizado el injerto.

Solución nutritiva	Número de hijuelos	Numero de flores	Numero de frutos
Steiner	13.0	10.4	4.8
2:2:4 de NPK	9.6	4.8	4.2
La Molina	6.5	6.4	1.6
Testigo	3.4	3.0	2.2

5.6.4 Numero de flores y frutos

Utilizando a *Hylocereus undatus* las soluciones nutritiva que favorecieron más la emisión de flores fue la Steiner; en promedio el injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* emitió 10 flores (Figuras 24 A y 25B) y la 2:2:4 de NPK emitió siete flores en (Figura 24B), la aplicación La Molina y el testigo mostraron menor número de flores por injerto (Cuadro 32 y Figura 25C y 25A). El periodo de floración, se inicio a los 30 días después de realizado el injerto. Sánchez (2008), reporto la emisión de 3 hijuelos en injertos tratados con solución nutritiva durante 150 días (dichos injertos tenían 3 meses de injertados).



Figura 23. Botones florales de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 30 días, tratada con: A) solución nutritiva de Steiner, B) solución 2:2:4 de NPK.



Figura 24. Apertura floral del injerto *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 30 días de injertados tratados con la aplicación de solución A) testigo, B) solución de Steiner y C) solución La Molina.

Sánchez (2008), utilizando a *Hylocereus undatus* como portainjerto, reporto la emisión de 3 flores en injertos de *Copiapoa tenuissima* forma cristata que tenían 3 meses de edad cuando se injertaron y fueron tratados 150 días más con solución nutritiva (mezcla comercial) bajo condiciones de sombra. En plantas con las mismas características pero bajo sombra reporto mayor número de flores (5) con respecto a las plantas sin sombra.

5.6.4 Desarrollo radical

El desarrollo del sistema radical del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* fue diferente en cada una de las soluciones nutritivas así como en el testigo, el mayor desarrollo radical se presentó con las soluciones la Molina y la solución de Steiner (Figura 25).

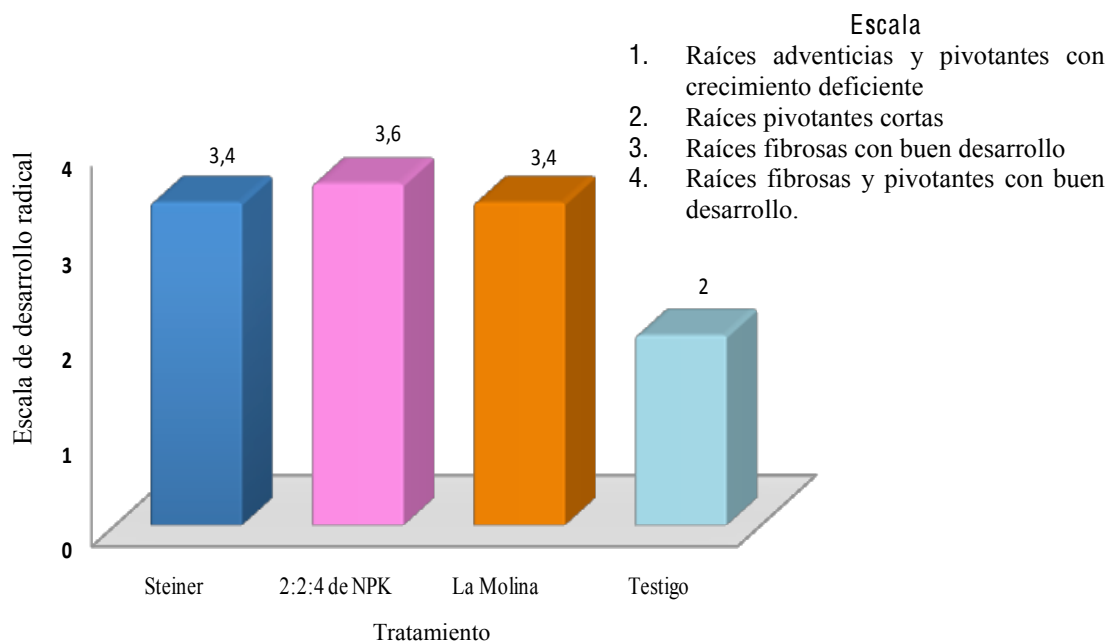


Figura 25. Desarrollo radical del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto, en los diferentes tratamientos.

El desarrollo radical del injerto al igual que en las especies *Lobivia sylvestrii* forma aurea y *Notocactus leninghausii*, en evaluación con la aplicación de la solución de Steiner se presentó en promedio 60% con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (escala 4), 20% raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 20% con raíces pivotantes cortas (escala 2).

Con la solución 2:2:4 de NPK, el 80% presentó sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (escala 4) y 20% con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3).

Por efecto de la solución nutritiva de La Molina el 60% presentó sistema radical con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 40% con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (Figura 26C).

El testigo presentó en promedio 60% sistema radical con raíces pivotantes cortas (escala 2), 20% raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (escala 1) y 20% con raíces fibrosas con buen desarrollo.



Figura 26. Desarrollo radical del injerto de *Copiapoa tenuissima* forma *cristata* x *Hylocereus undatus* tratado con solución: A) Steiner, B) 2:2:4 de NPK, C) La Molina y D) Testigo.

CONCLUSIÓN

A los 102 días de aplicados los tratamientos, con las tres soluciones nutritivas evaluadas (Steiner, 2:2:4 de NPK y La Molina) se concluye que la aplicación de cualquiera de estas favoreció el desarrollo de las especies, por tanto se rechaza la hipótesis planteada que indica que “La aplicación de la solución nutritiva con altos contenidos de K favorece el crecimiento de la planta”, De las tres soluciones nutritivas evaluadas la solución de Steiner contenía menor cantidad de K, pero favoreció más el desarrollo de las tres especies, seguida de la solución La Molina para el caso de *Lobivia sylvestrii* forma aurea y *Copiapoa tenuissima* forma cristata y la 2:2:4 de NPK para *Notocactus leninghausii*.

A nivel comercial, a los productores de injertos de cactáceas, no solo les interesa aplicar una solución nutritiva que favorezca el desarrollo del injerto si no también del portainjerto (incremento en diámetro y altura) y que el incremento en número de hijuelos se mayor a la edad del injerto, con el objetivo de incrementar el valor comercial. Con el uso de las soluciones nutritivas antes mencionadas se favorece el desarrollo del injerto y con las características demandadas por el mercado, utilizando como portainjerto a *Hylocereus undatus* se recomienda utilizar la solución La Molina o la Steiner en las especies *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata bajo sistema hidropónico para obtener plantas con: 1) Mayor crecimiento y desarrollo de la planta, 2) Mayor desarrollo del sistema radical y por tanto plantas sanas con valor comercial y la Steiner o la 2:2:4 de NPK para la especie *Lobivia sylvestrii* forma aurea

EXPERIMENTO III (*Plantas establecidas en maceta*)

5.7 *Notocactus leninghausii*

5.7.1 Diámetro de planta

El diámetro de las plantas de *Notocactus leninghausii* mostró un incremento por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas, la tendencia en incremento, en los cuatro muestreos realizados a los 57, 72, 87 y 102 días de establecidas en maceta fue diferente en cada uno (Figura 27).

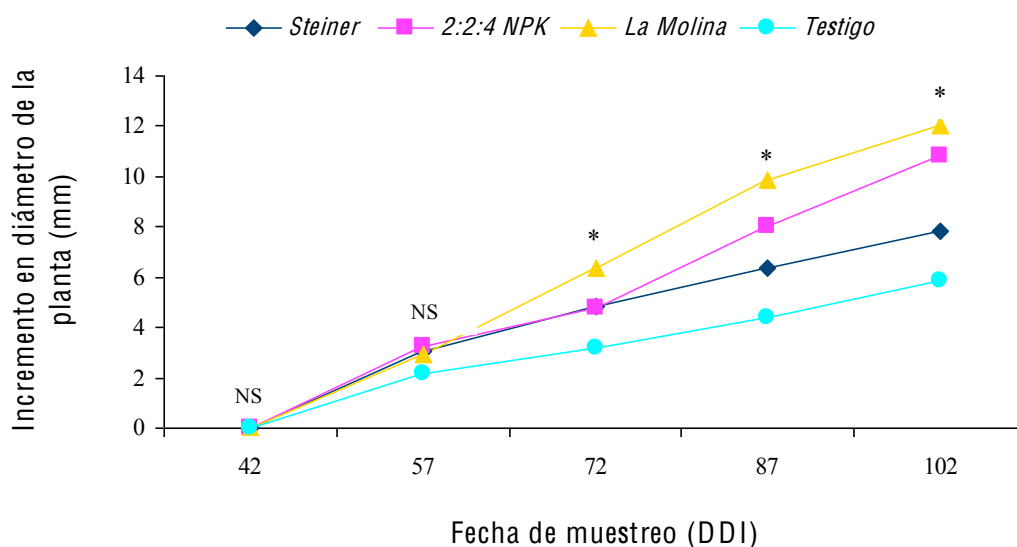


Figura 27. Incremento del diámetro de planta de *Notocactus leninghausii* en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). Significativo (*) y no significativo (NS) ($P \leq 0.05$).

En los muestreos realizados a los 42 y 57 días, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, la prueba de comparación de medias (Tukey) indicó que a partir del muestreo a los 72 hasta los 102 días, existieron diferencias entre tratamientos.

A los 57 días con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK, se presentó el mayor incremento en diámetro de la planta con 3.23 mm con respecto a su diámetro inicial (Figura 27), siendo

mayor que las soluciones de Steiner (3.05 mm) y La Molina (2.90 mm). Con la aplicación de las tres soluciones nutritivas el incremento en diámetro de planta fue mayor que el presentado por el testigo (2.14 mm) (Apéndice 5C).

A los 72 días de aplicados los tratamientos, el análisis de varianza indicó diferencias estadísticamente significativas (Apéndice 2C), los mayores diámetros se presentaron con la aplicación de la solución La Molina (6.38 mm), las soluciones de Steiner y 2:2:4 de NPK presentaron incrementos en diámetro de planta casi similares (4.84 y 4.76 mm).

A los 87 días, el análisis de varianza indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 3C), con la solución La Molina la planta de *Notocactus leninghausii*, presentó un incremento en diámetro de 9.86 mm, con la solución 2:2:4 de NPK presentó un incremento de 8.01 mm, con la aplicación de la solución de Steiner se incrementó 6.35 mm el diámetro. A los 102 días después de aplicados los tratamientos, el análisis de varianza indicó que si existieron diferencias estadísticamente significativas (Apéndice 4C y 5C) con un coeficiente de variación del 32.49% en los diferentes tratamientos.

Cuadro 32. Incremento del diámetro de *Notocactus leninghausii* establecidas en maceta, en las tres soluciones nutritivas y un testigo con respecto a su diámetro inicial.

<i>Solución</i>	<i>Diámetro de planta (mm)</i>		
	<i>Inicial*</i>	<i>Final**</i>	<i>Incremento**</i>
Steiner	23.92	31.75a	7.83b
2:2:4 de NPK	21.90	32.75a	10.85ab
La Molina	19.20	31.20a	12.00a
Testigo	21.93	27.80b	5.87c

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey (P≤005).

Con la solución La Molina el diámetro se incrementó 12.0 mm, con respecto a su diámetro inicial (Cuadro 32), con la solución de Steiner se incrementó 7.83 mm, la solución 2:2:4 de NPK incrementó su diámetro 10.85 mm. La aplicación cualquiera de las tres soluciones nutritivas favoreció el desarrollo de la planta y presentó mejor calidad que las obtenidas sin fertilización.

5.7.2 Número de hijuelos

Las plantas de *Notocactus leninghausii* no presentaron emisión de hijuelos, porque provenían de semillero (propagadas sexualmente) y por tanto la brotación de hijuelos se presenta cuando la planta tiene más de un año de edad.

5.7.3 Número de flores

El periodo de floración de la especie de *Notocactus leninghausii* proveniente de semilla, se presenta a partir de los dos años de edad, por tal motivo en el presente experimento no se presento porque las plantas utilizadas solo tenían 3 meses.

5.7.4 Desarrollo radical

El desarrollo radical por efecto de los tratamientos en plantas de *Notocactus leninghausii* fue diferente (Figura 28), las soluciones que favorecieron más el crecimiento fueron la Steiner y la 2:2:4 de NPK, con la aplicación de la solución La Molina el sistema radical de la planta creció menos, pero el testigo no supero dicho crecimiento.

La aplicación de las soluciones nutritivas las plantas de *Notocactus leninghausii* favorecieron el desarrollo del sistema radical en comparación con las plantas testigo (Figura 28). Lo anterior confirma los resultados obtenidos en los experimentos I y II, en los que el sistema radical se favorece con la aplicación de soluciones nutritivas independientemente del portainjerto utilizado.

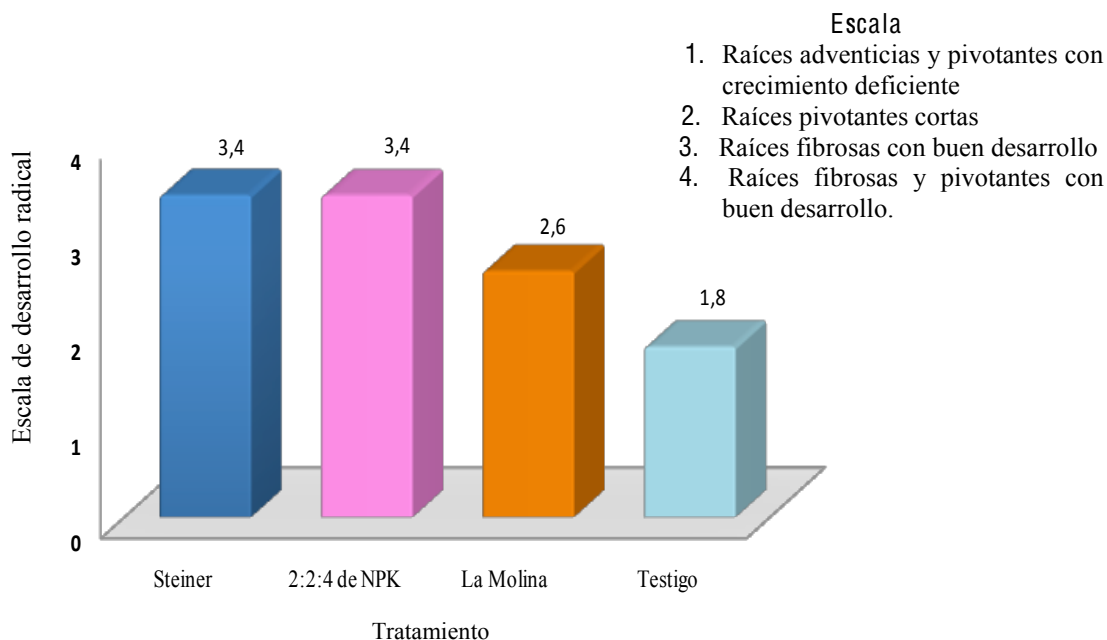


Figura 28. Desarrollo radical de *Notocactus leninghausii* establecido en maceta a los 102 días de aplicados los tratamientos.

En las soluciones La Molina y Steiner en promedio el 60% presentó sistema radical con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 40% raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo radical (escala 4). Presentando un crecimiento en promedio de 3.4 (entre las escalas 3 y 4), con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK el crecimiento del sistema radical fue menor presentando 60% con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 40% raíces pivotantes cortas (escala 2).

El testigo fue el tratamiento que presentó el menor crecimiento del sistema radical de las categorías establecidas en materiales y métodos (en promedio 1.8), el 80% presentó raíces pivotantes cortas (escala 2) y 20% raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente.

5.7.5 Concentración nutrimental en planta

Nitrógeno. La mayor concentración de N (14.2 mg g^{-1}) se observó en plantas de *Notocactus leninghausii* tratadas con la solución de Steiner, concentraciones similares de N en tejido reportó Nobel, (1988) para *Agave tequilana* (14.7 mg g^{-1}). Con la solución 2:2:4 de NPK presentó la menor concentración (9.9 mg g^{-1}) (Cuadro 33), coincide con lo reportado por

Claaessens y Wessels, (1997) en cladodios de *Opuntia ficus-indica* L. Miller para producción de tuna (9.4 a 9.6 mg g⁻¹). Por su parte Gathaara *et al.*, (1989) reporto concentraciones de N de 9.4 a 9.6 mg g⁻¹ en cladodios de *Opuntia ficus-indica* L. Miller para producción de tuna. La aplicación de la solución La Molina y el testigo presentaron concentraciones similares con 11.8 y 11.1 mg g⁻¹ en tejido, Gathaara *et al.*, (1989) reportaron concentraciones de 11.6 mg g⁻¹ de N en *Opuntia engelmannii* para producción de tuna.

Cuadro 33. Concentración Nutricional de *Notocactus leninghausii* a los 102 de establecido en maceta con tres soluciones nutritivas y un testigo.

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na
	----- mg g ⁻¹ -----					----- mg Kg ⁻¹ -----					
Steiner	14.2	4.1	14.6	21.4	13.0	280.0	199.1	261.3	99.8	117.7	3256.9
2:2:4 de NPK	9.9	7.0	13.0	24.6	15.4	827.7	221.9	424.6	130.8	144.5	3463.6
La Molina	11.8	7.2	14.6	25.0	15.9	870.6	218.8	239.0	100.2	136.3	3137.6
Testigo	11.1	7.0	8.4	21.7	14.7	599.4	116.6	41.5	72.1	137.5	3539.4

Las soluciones nutritivas La Molina y Steiner con mayor concentración de N en forma de NO₃⁻ (4.2 y 4.0 meq), presentaron sinergismo con la concentración de K (14.6 mg g⁻¹) presente en el tallo de *Notocactus leninghausii*.

La solución La Molina presento sinergismo con la concentración de K, Ca y Mg presente en tejido, el testigo que no contenía nutrientes presento antagonismo con la concentración de K en el tejido.

Fósforo. La menor concentración de P en tejido se presento con la aplicación de la solución de Steiner con 4.1 mg g⁻¹, datos similares reportó Galizzi *et al.*, (2004) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller para producción de tuna (4.1 mg g⁻¹). La aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK y la solución La Molina así como el testigo presentaron similares concentraciones de P en la planta con 7.0, 7.2 y 7.0 mg g⁻¹, dichas concentraciones fueron superiores al rango promedio que Nobel, (1988) reporto para *Hylocereus undatus* el cual fue de 1.0 a 2.3 y 1.1.

Báraza (2008), reporto concentraciones de 1.3 mg g^{-1} en cladodios de *Opuntia filifera* joven y vieja, en *Opuntia ficus indica* reporto 2.5 mg g^{-1} , en la presente investigación dichas concentraciones de P en tejido fueron superiores (Cuadro 33).

Potasio. Con la aplicación de soluciones nutritivas se concentro más el K en tejido (Cuadro 33), la mayor concentración se presentó en plantas tratadas con las soluciones de Steiner y La Molina con 14.6 mg g^{-1} , Valdez *et al.*, (2003) y Magallanes *et al.*, (2003) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller reportaron concentraciones de 15.0 mg g^{-1} de K. Con la solución 2:2:4 de NPK se presento una concentración de 13.0 mg g^{-1} , lo cual coincide con lo reportado por Nobel, (1988) en *Agave salmiana* (13.0 mg g^{-1}

Calcio. Con la aplicación de la solución La Molina y la 2:2:4 de NPK se presentaron las mayores concentraciones de Ca en tejido (25.0 y 24.6 mg g^{-1}), Valdez *et al.*, (2003) y Magallanes *et al.*, (2003) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller reportaron concentraciones de 25.0 mg g^{-1} de Ca. La solución de Steiner y el testigo presentaron concentraciones similares en tejido con 21.4 y 21.7 mg g^{-1} de Ca, Nobel, (1988) reporto concentraciones de 23.0 mg g^{-1} en *Agave utahensis*.

Magnesio. La mayor concentración se presentó en plantas tratadas con las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina con 15.4 y 15.9 mg g^{-1} , concentraciones que se encuentran dentro del rango que Gathaara *et al.*, (1989) reporto para *Opuntia engelmannii*. Con la solución Steiner se presento una concentración de 13.0 mg g^{-1} , coincide con lo reportado por Nobel, (1988) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller (13.1 mg g^{-1}). La concentraciones en el testigo fue menor que las reportadas en las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina pero superiores a la solución de Steiner con 14.7 mg g^{-1} concentración que fue igual a la reportada por Hernández, (2004) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller con 14.7 mg g^{-1} de Mg.

Fierro. La soluciones La Molina y la 2:2:4 de NPK presentaron mayores concentraciones de Fe en tejido, superando las concentraciones reportadas por Nobel, (1988) para *Coryphantha vivipara* y *Ferocactus acanthoides* (178 y 161 mg Kg^{-1}). Con la aplicación de la solución de Steiner y en el testigo la concentración de Fe en tejido fue menor (280.0 mg Kg^{-1} y 599.4 mg Kg^{-1} de Fe) (Cuadro 33).

Padrón (2009), reportó concentraciones mayores de Fe (372 mg Kg^{-1}) en plantas de *Epyphyllum hookeri*, a las reportadas en la presente investigación con la aplicación de la solución de Steiner y menores a las reportadas con las soluciones 2:2:4 de NPK, La Molina y el testigo (599.5 mg Kg^{-1} , 827.7 mg Kg^{-1} y 827.7 mg Kg^{-1}).

Boro. La mayor concentración se presentó en plantas tratadas con las soluciones de 2:2:4 de NPK y La Molina con 221.9 y 218.8 mg Kg^{-1} , con la solución de Steiner la concentración de B en tejido fue de 199.1 mg g^{-1} , mayor a la presentada por el testigo (116.6 mg Kg^{-1}).

Cobre. La concentración de Cu presente en tejido del injerto fue mayor con la aplicación de las solución 2:2:4 de NPK, la cual fue de 424.6 mg Kg^{-1} , en las soluciones Steiner y La Molina las concentraciones de Cu presentes en tejido fueron menores a la 2:2:4 de NPK con 261.3 y 239.0 mg Kg y superior al testigo (41.5 mg Kg^{-1}). Delgado reportó concentraciones de 55.14 mg Kg^{-1} de Cu en brotes de *Hylocereus undatus* de un año de edad.

Manganeso. La concentración de Mn presente en las plantas tratadas con la solución 2:2:4 de NPK fue de 130.8 mg Kg^{-1} , con la aplicación de la solución de Steiner la concentración en tejido fue de 99.8 mg Kg^{-1} concentración menor a la presentada por la solución la Molina y mayor a la del testigo (72.1 mg Kg^{-1}), Delgado, (2002) reportó concentraciones de 67.13 mg Kg^{-1} en *Hylocereus undatus*.

Zinc. La mayor concentración de Zn se presentó con la aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK, La Molina y el testigo (144.5 , 136.3 y 137.5 mg Kg^{-1}) (Cuadro 33). Con la solución de Steiner la acumulación de Zn en tejido fue menor con solo 117.7 mg Kg^{-1}

Sodio. Las concentraciones de sodio presentes en el tejido de *Notocactus leninghausii* fueron muy altas con la aplicación de soluciones nutritiva y en el testigo las cuales estuvieron en un rango de 3137.6 a $3538.4 \text{ mg Kg}^{-1}$, inclusive superaron el promedio de 1000 mg Kg^{-1} de Na que Nobel, (1988) reportó para plantas cultivadas.

5.7.5 Índice de Desbalance Nutricional (IDN) en injerto

Con los valores de concentraciones nutrimentales obtenidos (índices DOP) (Cuadro 34) a los 102 días de establecidas las plantas en maceta, el testigo presentó el mayor desbalance con un

índice de 264, la solución 2:2:4 de NPK presentó un índices de desbalance nutrimental de 221, el incremento en diámetro de la planta y el índice de desbalance nutrimental indican, que conforme incrementa el desbalance disminuye el diámetro de la planta, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de la solución La Molina que presento el menor desbalance nutrimental (110), coincide con lo reportado por Davee *et al.*, (1986), quienes mencionan que en cultivos con desbalances bajo obtienen un rendimiento alto.

Cuadro 34. Índice de Desbalance Nutrimental de *Notocactus leninghausii*, establecido en maceta en tres dosis de fertilización y un testigo a los 102.

Solución	Índices DOP**											IDN*
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na	
Steiner	20.9	-34.8	15.5	-7.5	-12.0	-57.1	5.3	8.1	-0.9	-12.2	15.3	190
2:2:4 de NPK	-15.7	10.0	2.7	6.2	4.7	28.7	17.5	75.8	29.8	7.8	22.3	221
La Molina	0.4	14.0	15.0	7.8	7.5	35.4	15.8	-1.1	-0.5	1.7	10.7	110
Testigo	-5.5	10.8	-33.2	-6.5	-0.1	-7.1	-38.6	-82.8	-28.4	2.6	-48.3	264

* IDN = Índice de Desbalance Nutrimental

** DOP = Desviación del Optimo Porcentual

5.7.6 Orden de Requerimiento Nutrimental (ORN) en injerto

De las tres soluciones nutritivas aplicadas a plantas de *Notocactus leninghausii*, el testigo presento el mayor índice de desbalance nutrimental (264), de los once nutrientes determinados se presentaron en deficiencia el Cu, Na, B, K, Mn, de los seis restantes se presentó en exceso el P, solo cinco nutrientes se encontraron en rango óptimo (Zn, Mg, N, Ca y Fe) (Cuadro 35). Al igual que en el testigo con la aplicación de la solución Steiner se presento el mayor número de nutrientes en deficiencia (Fe, P, Zn, Mg y el Ca), en exceso se presento el N, Na, K y Cu, solo el Mn y B se encontraron en tejido en condiciones óptimas(Cuadro 36).

Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK, el N se presento en deficiencia, los nutrientes que se presentaron en exceso fueron el Cu, Mn, Fe, Na, B, P y Zn, el Ca, Mg y el K se encontraron en concentraciones óptimas en tejido.

Con la solución La Molina en deficiencia no se encontró ningún nutrimento, solo se presentaron en exceso el Fe, B, K, P, Na y Ca. Los nutrimentos Zn, N, Cu, Mn y Mg se encontraron en concentraciones óptimas (Cuadro 35).

Cuadro 35. Orden de requerimiento nutrimental en los tratamientos aplicados al injerto de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus*.

Solución	Deficiente	Optimo	Exceso
Steiner	Fe>P>Zn>Mg>Ca	Mn>B	N> Na> K>Cu
2:2:4 de NPK	N	Ca>Mg>K	Cu>Mn>Fe>Na>B>P>Zn
La Molina	-----	Zn>N>Cu Mn>Mg	Fe>B>K>P>Na>Ca
Testigo	Cu>Na>B>K>Mn	Zn>Mg> N>Ca> Fe	P

5.8 *Copiapoa tenuissima* forma cristata

5.8.1 Diámetro de planta

El diámetro de las plantas de *Copiapoa tenuissima* forma cristata mostró un incremento por efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas, la tendencia en los cuatro muestreos realizados a los 57, 72, 87 y 102 días similar en cada muestreo (Figura 29). La solución la molina fue la que favoreció más el desarrollo del cultivo.

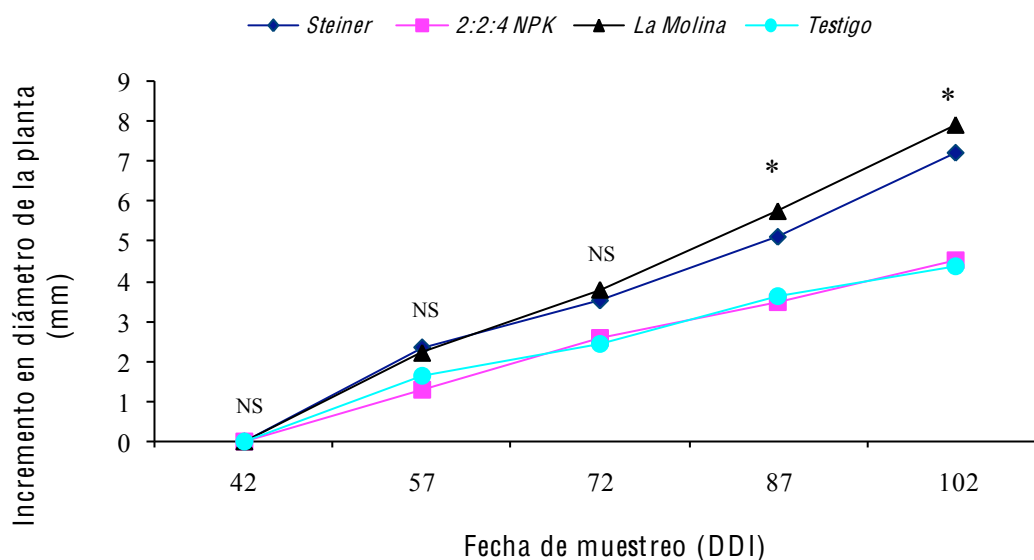


Figura 29. Incremento del diámetro de planta de *Copiapoa tenuissima* forma cristata en las tres soluciones nutritivas al 25% y un testigo (agua acidulada). *, NS; significativo y no significativo ($P \leq 0.05$).

A los 57 días de establecidas las plantas en macetas, con la aplicación de las soluciones de Steiner y la Molina, se presentó el mayor incremento en diámetro de la planta con 2.35 y 2.22 mm, con respecto a su diámetro inicial siendo mayor que la solución 2:2:4 de NPK y el testigo (1.28 mm y 1.65 mm) (Apéndice 6C).

Cuadro 36. Incremento en diámetro de planta de *Copiapoa tenuissima* forma cristata por fecha de muestreo.

Solución	Diámetro de planta (mm)		
	Inicial*	Final**	Incremento**
Steiner	11.61	18.82b	7.21a
2:2:4 de NPK	14.09	18.59b	4.50b
La Molina	14.33	22.26a	7.93a
Testigo	12.43	16.81c	4.38b

* A los 42 días después de realizado el injerto.

** A los 102 días después de realizado el injerto.

Letras iguales significa que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

A los 72 días, los mayores incrementos se presentaron con la aplicación de las soluciones La Molina y Steiner (3.80 mm y 3.52 mm), la solución 2:2:4 de NPK presentó un incremento en diámetro de planta de 2.56 mm, diámetro similar se presentó en el testigo con 2.44 mm, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Apéndice 7C).

Al cuarto muestreo (a los 87 días) el análisis de varianza indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 8C), la solución de La Molina presentó un incremento en diámetro de 5.77 mm, con la aplicación de la solución de Steiner se incrementó 5.11 mm el diámetro de la planta de *Copiapoa tenuissima* forma cristata, la solución 2:2:4 presentó un incremento de 3.45 mm, fue superado por el testigo quien presentó un incremento de 3.61 mm.

A los 102 días después de establecidas las plantas en maceta el análisis de varianza (ANAVA) indicó que si existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Apéndice 9C y 10C). Con la solución La Molina se incrementó el diámetro en un 55%, con respecto a su diámetro inicial (Cuadro 36), con un incremento final a los 102 días de establecido en maceta de 7.93 mm, con la solución de Steiner se incrementó en un 62% (7.21 mm diámetro final), la solución 2:2:4 de NPK incrementó su diámetro en un 31.93% (4.50 mm).

7.8. 2 Numero de hijuelos

Para la variable número de hijuelos, las plantas de *Copiapoa tenuissima* forma cristata no presentaron brotación de hijuelos, porque las plantas establecidas en el experimento fueron hijuelos y se plantaron sin emisión de raíces, con la aplicación de las soluciones nutritivas la planta utilizó los nutrientes aportados para el proceso de enraizamiento y crecimiento de esta y no en reproducción, tal vez si se hubieran dejado el doble de tiempo podrían haberse presentado.

5.8.3 Número de flores

A los 102 días las plantas de *Copiapoa tenuissima* forma cristata establecidas en maceta no presentaron periodo de floración.

5.8.4 Desarrollo radical

En *Copiapoa tenuissima* forma el desarrollo del sistema radical fue diferente, el mayor desarrollo radical por efecto de los tratamientos por categorías (Figura 30), se presentaron con las soluciones 2:2:4, Steiner y la Molina.

Con la aplicación de las soluciones Steiner y 2:2:4 de NPK en promedio el 60% se presentó con sistema radical con raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (escala 4) (Figura 31A) y 40% con sistema radical con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) (Figura 31B).

Por efecto de la solución nutritiva de La Molina el 60% presentó sistema radical con raíces fibrosas con buen desarrollo (escala 3) y 40% presentó sistema radical con raíces pivotantes cortas (escala 2) (Figura 32C). La aplicación de solución nutritiva a plantas de *Copiapoa tenuissima* forma cristata favoreció el desarrollo del sistema radical de la planta, el testigo al que no se aplicó solución nutritiva solo agua acidulada presentó el menor desarrollo de raíces (Figura 31) con 80% con raíces pivotantes cortas (escala 2) y 20% con raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (escala 1).

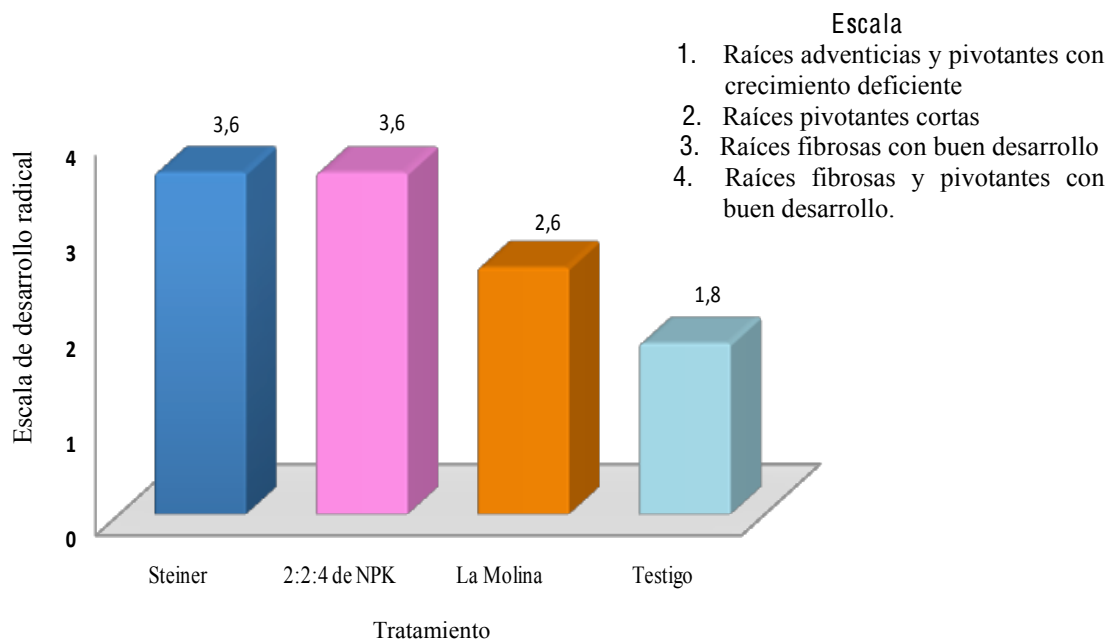


Figura 30. Desarrollo radical de *Copiapoa tenuissima* forma cristata establecida en maceta a los 102 días.



Figura 31. Categorías de desarrollo radical de *Copiapoa tenuissima* forma cristata: A) Raíces fibrosas y pivotantes con buen desarrollo (Steiner), B) Raíces fibrosas con buen desarrollo (2:2:4de NPK), C) Raíces pivotantes cortas (La Molina) y D) Raíces adventicias y pivotantes con crecimiento deficiente (Testigo).

5.8.5 Concentración nutrimental en planta.

Nitrógeno. La concentración de N presente en tallos de las plantas testigo de *Copiapoa tenuissima* forma cristata (sin fertilización) fue de 15.2 mg g⁻¹, concentraciones que se encontró dentro del rango de N (13.4 a 19.6 mg g⁻¹) reportado para cactáceas por Nobel, (1988). La solución 2:2:4 de NPK presentó menor concentración que las plantas testigo con 14.7 mg g⁻¹ (Cuadro 37), coincide con la concentración de N (14.7 mg g⁻¹) reportada por Nobel, (1988) en *Agave tequilana*. Por efecto de la aplicación de la solución de Steiner se encontró una concentración de 12.9 mg g⁻¹ coincide con lo reportado por Hernández, (2004). Con la solución La Molina se encontró la mayor concentración de N en tejido.

Cuadro 37. Concentración nutrimental de *Copiapoa tenuissima* forma cristata a los 102 días después de establecidas en maceta

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na
	----- mg g ⁻¹ -----					----- mg Kg ⁻¹ -----					
Steiner	12.2	4.1	11.4	9.1	16.5	1034.1	212.2	268.9	103.4	116.9	11457.0
2:2:4 de NPK	14.7	5.3	12.6	10.6	19.3	3754.8	250.8	360.9	139.8	147.3	11818.0
La Molina	16.2	5.9	13.1	8.7	18.0	2062.7	193.6	270.2	125.1	133.6	11705.0
Testigo	15.2	5.6	11.2	9.3	19.2	2302.5	213.9	217.6	131.1	143.6	10859.0

Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK con menor concentración de N en tejido (1 meq), solo con la concentración de Ca presento sinergismo y antagonismo con P, K, Mg y Mn.

Fósforo. La menor concentración de P se presento con la aplicación de la solución de Steiner con 4.1 mg g⁻¹, datos similares reportó Galizzi *et al.*, (2004) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller para producción de tuna (4.1 mg g⁻¹). La aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK y la solución La Molina así como el testigo presentaron similares concentraciones de P en la planta con 5.3, 5.9 y 5.6 mg g⁻¹, dichas concentraciones fueron superiores al rango promedio que Nobel, (1988) reporto para cactáceas e *Hylocereus undatus* el cual fue de 1.0 a 2.3 y 1.1 para pitahaya. La concentración de P que reporto Padrón (2009) en *Epiphyllum hookeri* (1.9 mg g⁻¹) se encontró dentro del rango antes mencionado para cactáceas.

En el caso de *Opuntia ficus-indica* Báraza (2008), reporta concentraciones de 2.5 mg g^{-1} de P en cladodios jóvenes, concentración mayor al rango reportado por Nobel (2008).

La solución nutritiva 2:2:4 de NPK que contenía la mayor concentración de P en solución (1 meq) presentó sinergismo con la concentración presente en tejido de K, Mg, Fe, Cu y Zn.

Con la aplicación de las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina (0.25 meq de P) se presentó sinergismo con la concentración presente en tejido de los micronutrientes Fe, Cu y Zn y sinergismo con K y Mg con la solución de Steiner y antagonismo con la solución La Molina.

Potasio. La mayor concentración se registró (Cuadro 37) en plantas tratadas con las soluciones 2:2:4 de NPK y La Molina con 12.6 y 13.1 mg g^{-1} , concentraciones menores a las reportadas por Valdez *et al.*, (2003) y Magallanes *et al.*, (2003) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller (15.0 mg g^{-1} de K). La concentración de K en tejido de *Copiapoa tenuissima* forma cristata con la solución de Steiner y el testigo presentaron concentraciones similares con 11.4 y 11.2 mg g^{-1} lo anterior coincide con lo reportado por Ramírez (2007), quien menciona que el K junto con el Ca son los elementos que se acumulan más en tejido de opuntias.

Calcio. Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK se presentó la mayor concentración de Ca en tejido, las soluciones La Molina, Steiner y el testigo presentaron concentraciones de 8.7 , 9.1 y 9.3 mg g^{-1} , concentraciones que fueron menores a las reportadas por Nobel, (1988) para pitahaya la cual fue de 14.9 mg g^{-1} . Padrón (2009), reporta concentraciones mayores a las reportadas por Nobel en pitahaya (*Hylocereus undatus*) y *Hylocereus costarricensis* de 26.5 mg g^{-1} y 31.2 mg g^{-1} , el último dato se acerca a las concentraciones reportadas por Guzmán (2007) y Báraza (2008) en cladodios de *Opuntia ficus indica* (33.9 mg y 37.2 mg g^{-1}).

Magnesio. La mayor concentración se presentó en plantas tratadas con las soluciones de 2:2:4 de NPK y el testigo con 19.2 y 19.3 mg g^{-1} , concentraciones que se encuentran dentro del rango que Gathaara *et al.*, (1989) reportó para *Opuntia engelmannii*.

Con la solución Steiner se presentó una concentración de 16.5 mg g^{-1} , coincide con lo reportado por Hernández, (2004) en *Opuntia ficus-indica* L. Miller con un rango de 14.7 a 21.7 mg g^{-1} de Mg.

5.8.6 Índice de Desbalance Nutricional (IDN) en planta

Con los valores de concentraciones nutrimentales obtenidos (índices DOP) a los 102 días de establecidas las plantas en maceta (Cuadro 38), con la solución 2:2:4 se presentó el mayor Índice de Desbalance Nutricional (IDN) con 160.0, la correlación de incremento en diámetro del injerto y el IDN de la solución indican, que conforme incrementa el IDN disminuye el diámetro del injerto, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de la solución La Molina.

Cuadro 38. Índice de Desbalance Nutricional del *Copiapoa tenuissima* a los 102 días después de realizado el injerto en tres dosis de fertilización y un testigo.

Solución	Índices DOP**											IDN*
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Na	
Steiner	-16.3	-21.9	-5.7	-3.5	-9.5	-55.0	-2.5	-3.8	-17.2	-13.6	1.9	151
2:2:4 de NPK	0.9	2.7	4.4	11.8	5.5	64.2	15.4	29.2	12.0	8.8	5.1	160
La Molina	11.1	12.5	8.4	-7.6	-1.1	-9.9	-11.1	-3.3	0.2	-1.3	-3.5	70
Testigo	4.3	6.7	-7.2	-0.8	5.0	0.6	-1.7	-22.1	5.0	6.1	-3.5	63

* IDN = Índice de Desbalance Nutricional.

** DOP = Desviación del Óptimo Porcentual.

5.8.7 Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) en planta

Con la aplicación de la solución de Steiner los nutrimentos que se presentaron en deficiencia fueron Fe, P, Mn, N, Zn y Mg, el Na, B, Ca, Cu y K se encontraron en un rango de concentraciones óptimas en la planta, ninguno de los nutrimentos se encontró en deficiencia.

En el tratamiento con la solución 2:2:4 de NPK, de los 11 elementos evaluados no se encontró ningún elemento en deficiencia, el Mg, Na, K, P, y N se encontró en un rango óptimo en tejido y en exceso se reportaron los elementos Fe, Cu, B, Mn, Ca y Zn.

Con la solución La Molina se presentaron los nutrimentos P, N y K en exceso y el Mn, Mg, Zn, Cu y Na se encontraron en concentraciones óptimas en el tejido de *Copiapoa tenuissima* forma cristata (Cuadro 39) en deficiencia se encontró el B, Fe y Ca.

Con la aplicación de la solución 2:2:4 de NPK no se presentó ningún nutrimento en deficiencia, de los once determinados se encontraron en exceso el Mn, Fe, Na, B, P, y Zn, el Ca, Mg y K estuvieron presentes en concentraciones óptimas en el tejido de *Copiapoa tenuissima* forma cristata (Cuadro 39).

En el testigo se presentó el Fe, K, Mn, B, Na y Cu en deficiencia y en exceso estuvieron el P y N, en condiciones óptimas se encontró el Ca, Zn y Mg.

Cuadro 39. Orden de Requerimiento Nutricional de los tratamientos aplicados a *Notocactus leninghausii*.

Solución	Deficiente	Optimo	Exceso
Steiner	Fe>P>Mn>N>Zn>Mg	Na>B>Ca>Cu>K	-----
2:2:4 de NPK	-----	Mg>Na>K>P>N	Fe>Cu>B>Mn>Ca>Zn
La Molina	B>Fe>Ca	Mn>Mg>Zn>Cu>Na	P>N>K
Testigo	Cu	P>Zn>Mn>Mg>N>B>P>Ca>Na>K	-----

CONCLUSIÓN

La solución nutritiva La Molina favoreció más el desarrollo de ambas especies, seguida de la solución de Steiner para el caso de *Notocactus leninghausii* y la 2:2:4 de NPK para *Copiapoa tenuissima* forma cristata. Para el desarrollo radical la solución La Molina favoreció a ambas especies, seguida por la solución de Steiner. La aplicación de la solución 2:2:4 de NPK supero en desarrollo de la planta al testigo (tratamiento sin solución nutritiva) pero no a las otras dos soluciones nutritivas.

A nivel comercial, los productores de cactáceas requieren de una solución nutritiva que favorezca el desarrollo de la planta, se recomienda utilizar la solución La Molina o la Steiner en las especies *Notocactus leninghausii* y *Copiapoa tenuissima* forma cristata bajo sistema hidropónico para obtener plantas con: 1) Mayor crecimiento y desarrollo de la planta, 2) mayor desarrollo del sistema radical, y por tanto plantas sanas con valor comercial.

LITERATURA CITADA

- Abbes, C; Parent, L.E, Karma A. and Isfan, D. 1995. Efecto of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios on growth and nitrogen uptake by onions. *Plant and Soil*. 12(2): 289-296.
- Acevedo, R. S., A. Mellado V., Y. Velázquez L., y P. Bárcenas A. 1996. Respuesta de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.) a la fertilización química. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México.
- Acosta M., A. 2005. La técnica del injerto en plantas hortícola. *Revista extra*. Pág. 62-65.
- Alcántar, G. G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A. C. Chapingo México.
- Álvarez A., y C. Montaña. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacan: implicaciones para su conservación. *Acta de Botánica Mexicana* 40:35-58.
- Álvarez T., J. Villalpando y N. Sánchez-Casas. 1998. Aspectos biológicos de *Leptonycteris yerbabuena* en México. *In: Evolution, Ecology and Conservation of Columnar Cacti and their Mutualist*. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Anderson M. 1997. Grafting succulents. *Cactus and Succulent Journal (U.S.)*. 69(1):17- 25.
- Aponte Ch., M. H. y E. Guerrero T. 1990. Efecto de la fertilización foliar con N,P,K, Zn, B y Mn en la producción de pitahaya (*Selenicereus megalantus Schuman* ex F. Vaupel). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Colombia.
- Arévalo G., M. 2000. Análisis entre la relación patrón-injerto entre cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo Estado de México.
- Arias M., S. 1997. Distribución general de las cactáceas. *In: Mexicanas: Cactáceas*. Rodríguez, P.L. (ed.) Suculentas México, D.F.
- Arnaud, V. R., Santiago G. y P.B. Bautista 1997. Agroindustrias de algunos frutos. En: Rodríguez, P.L. (ed). *Suculentas Mexicanas, Cactáceas*. México D.F.
- Arreola, N.H. J. 1997. Formas de vida y características morfológicas. *In: Suculentas Mexicanas: Cactáceas*. Rodríguez, P.L. (ed) México, D.F.
- Arruda E., P. Melo de Pina G., y M. Alves. 2005. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Cactaceae* da caatinga pernambucana. *Revista Brasil. Bot.* 23(3): 589-601.

- Baca C., A. 1990. Deficiencias nutrimentales inducidas en nopal provenientes de cultivo invitro. //: El nopal memorias de la tercera reunión y la primera internacional. Lopez G. J. y M. J. Ayala (ed.). Universidad Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila México.
- Baldini, E. 1992. Arboricultura general. Traducción al español de J. de la Iglesia G. Madrid, España.
- Bárraza E.; Ángeles S.; García A. y Valiente-Banuet A. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el valle de Tehuacán, México.
- Barcenas, A. P. 2006. Determinación de Zonas Potenciales para el Establecimiento de Plantaciones de Pitahaya. Tesis de Postgrado. Montecillo, Texcoco Estado de México.
- Barcenas, A., P., T. Olivera L., L. Tijerina C. y S. Larque A. 2002. Características agronómicas de la pitahaya (*Hylocereus undatus* H.). Colegio de Postgraduados-Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Bastida, T. A. 1999. El medio de cultivo de las plantas “Sustratos para hidroponía y producción de plantas ornamentales”. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Becherer, F. 1996. Cactus, así serán más hermosas. Ed. Everest, Madrid España.
- Benítez, H. y P. Dávila. 2002. Las cactáceas mexicanas en el contexto de la CITES. [En línea]. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx> (Revisado el 14 de Enero de 2007).
- Blanco, M. F., A. Lara H, Valdez C. 2006. Interacciones nutrimentales y la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficus-indica* Millar.), Revista Chapingo. Serie horticultura, Julio-Diciembre 2(12) 165-175.
- Boyle, T.H. and E.F. Anderson. 2002. Biodiversity and conservation. In: Cacto. Biology and uses. Charter 8. Nobel, P.L. (ed.). University of California. U.S.A.
- Bravo, H. E. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México D.F.
- Bravo, H. E. 1994. Las cactáceas de México, Vol. III, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México D.F.
- Bravo, H. y Sheinvar, L. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, México.
- Burleigh M., 1997. Grafting with *Pereskia*. *Cac. and Suc. J.* 69(1):34-39.

- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación: Cultivos hortícola y ornamentales Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Calix D, H. 2005. A new subspecies of *Hylocereus undatus* (Cactaceae) from southeastern Mexico. *Haseltonia*. 11:11-17.
- Calix de D., H. 1996. Aspectos taxonómicos de la pitahaya. En: Primer curso teórico práctico sobre el cultivo de la pitahaya (Memorias). (Castillo M., R y H. Calix de D. compiladores). Universidad de Quintana Roo. México.
- Castillo, M. R., H. Cáliz de Dios y A. Rodríguez C. 1996. Guía técnica para el cultivo de pitahaya. CONACyT, Q. Roo, INIFAP y la Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Chang F., R., and C. Yen R. 1997. Flowering and fruit growth of pitaya *Hylocereus undatus* Britt. & Rose). *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 43(4):314-321.
- Claaessens, A.S. and Wessels, A. B. 1997. The fertilizer requirements of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) under summer rainfall conditions in South Africa. *Acta Hort.* 438: 83-95.
- Clark B., R. 1987. Respuesta de las plantas a la toxicidad y deficiencias de elementos minerales. In: N.M. Chistiansen, F. Ch. Lewis. (eds.). Ed. LIMUSA. México D.F.
- Clark M. B., Mills, H. A, Robacker, C. D., and Latimer, J.G. 2003. Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars. *J. Plant Nutr.* 26(12): 2503-2520.
- Cordero H., F. 1997. Injertos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) sobre otras cactáceas. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México.
- Cordero H., F. 1999. Injertos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) sobre otras cactáceas y su relación con el contenido de azúcares. Tesis de Maestría. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México.
- Cruz C., M. 1996. Cultivo de la pitahaya. *In*: Memorias del primer congreso teórico practico sobre el cultivo de la pitahaya. Del 13 al 16 de noviembre. Universidad de Quintana Roo. Chetumal Q. Roo. México.
- Cruz H., J.P. 1990. Inducción de deficiencias de macronutrientes y Fe en nopal tunero (*Opuntia amyklaea* T). *In*: El nopal su conocimiento y aprovechamiento. Memorias de la Tercera Reunión Nacional y 1ª Internacional. López G. y M. Ayala O. (comp.). Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo Coahuila Méx. pp. 215-224.

- Cruz R., A., G. Pérez S., P. Bárcenas-Abogado, y R. Castillo M. 1995. Fertilización nitrogenada de la pitahaya (*Hylocereus* spp.) en la Palma, Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México.
- Cullman, W., E. Götz and G. Gröner. 1986. The encyclopedia of cacti. Timber Press. Portland, Oregon.
- Cushman J. 2001. Crassulacean Acid metabolism a Plastic Photosynthetic Adaptation to Arid Environments. *Plant Physiol.* 127:1439-1448.
- Davee, D.E., T.L. Rigetti, E. Fallahi, and Robins, S. 1986. An evaluation of DRIS for identifying mineral limitations on yield in “ Napoleans sweet cherry”. *J. Am. Soc Hort Sci.* 111(6):988-993.
- Delgado R., M.A. 1997. Inducción de deficiencias nutrimentales en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- Delgado R., M.A. 2002. Comportamiento del crecimiento y reproducción de pitahaya (*Hylocereus undatus*) ante deficiencias de macro y micronutrientes. Tesis de Maestría. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México.
- Demetra, R. L. 2000. Cactus y otras plantas grasas. Ed. Susaeta. España.
- Díaz D., C. 2000. Estudio morfo-anatómico de dos especies de *Mammillarias* (Hawort. SYN. PL. 177, 1812) e inducción de germinación a través de un método de propagación en laboratorio y evaluación del funcionamiento de un vivero para cactáceas. Tesis profesional de licenciatura, Departamento de Química y Biología, Universidad de las Américas (UDLA), Sta Catarina, Puebla. México.
- Dodd A, Borland A, Haslam R, Griffiths H, Maxwell K. 2002. Crassulacean Acid Metabolism. *Plastic. J. Exp Bot.* 53:559-580.
- Esquivel, P. 2004. Los frutos de las Cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana* 15(2):215-219.
- Estrada A., A. y D. Fred T. 2008. Micorrizas Arbusculares en Ecosistemas Áridos y Semiáridos. -:203-215.
- Farré, A C. 2001. El gran libro de los cactus y otras plantas grasas. Ed. Cecchi. Barcelona España.
- Felker P., S del C. Rodríguez., R. Casoliba M., R. Filippini., D. Medina and R. Zapata. 2005. Comparison of *Opuntia ficus-indica* varieties of mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *Journal of Arid environments.* 60:405-422.

- Felker, P. 2003. Cactus grafting methods. Marlin Huffman Plantation Botanical INC Nelda Florida J. PACD.
- Fleming, T. and J. Nassar. 1998. Biología poblacional del murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae* en México y Venezuela. *In: Evolution, Ecology and Conservation of Columnar Cacti and their Mutualist*. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Galizzi, F., Feljer, P. and Gardiner, G. 2004. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina. *Journal of Arid Environments*. 59(1):115-132.
- Gallegos V.C., E.S. Olivares, R. A. Vazquez y F.G. Zavaleta. 2000. Absorción de Nitrato y Amonio por plantas de nopal en hidroponía. *Terra*. 18(2):133-139.
- García N., H. 1998. Zonificación agroecológica de los principales cultivos bajo riego en el Estado de Guanajuato. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Gathara, G.N.; P. Felker.; M.Land. 1989. Influence of nitrogen and phosphorus application on *Opuntia engelmannii* tissue N concentrations biomass production and fruit yield. *J. Arid Environm.* 16:337-347.
- Geydan D., and L.M. Melgarejo. 2005. Metabolismo Acido de las Crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana* 10 (2): 3-15.
- Gibson, C. A. and P. Novel S. 1986. *The Cactus*. Harvard University Press. London England. USA.
- Glass, E. 1998. Guía para la identificación de las cactáceas amenazadas de México. Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad. Vol. 1. México, D. F.
- Guzmán B., R. 1994. Fertilización de la pitahaya. En: *Memorias del primer encuentro del cultivo de la pitahaya*. San Marcos Nicaragua.
- Guzmán L. D. y Chávez J. 2007. Estudio bromatológico del cladodios del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Rev. Soc. Quím.* 73(1):41-45.
- Hagemans, R.H. 1992. Ammonium versus nitrate nutrition plants. Pp. 67-88. *In: R.D. Hauck, J.D. Beaton, C.A.I.Goring, R.G. Hoefl, G.W. randall y D.A. Russel (eds). Nitrogen in crop production*. American Society of Agronomy, Crop science Society of American and Soil society of America. Madison, WI, USA.
- Harman, L. and M. Kester's. 2002. *Plant propagation "Principles and practices"* Edition seventh. Ed. Hudson T. Prentice Hall New Jersey USA.

- Haydes, R. J. 1986. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants. Pp. 303-358. *In*: Haynes, R. J.; Cameron, K.; Goh, H. M.; Sherlock, R.R. (eds.). Mineral Nitrogen in the Soil Plant System. Academic Press, Inc. Florida, USA.
- Hernández, L. P. 2004. Normas preliminares de diagnóstico de nutriente compuesto para Nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) Tesis Profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco Estado de México.
- Jones H. G., A. N. Lakson and J. P. Syvertsen. 1985. Physiology control of water status in temperature an tropical fruit trees. Horticulture Reviews. 7: 331-332.
- Kobayashi A. 1996. History of Albino cacti. The Succulent Society of Japan. Cactus and Succulent Journal 68:21-22.
- Lee M., L., M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28:61-124.
- Leszczyńska, H. 1991. Potencial genético ornamental de la tierra Mexicana. Manual de Horticultura Ornamental Num. 5.
- Livera M., M. 1991. Retos y perspectivas del fitomejoramiento: Algunos aspectos del ambiente físico en relación a la producción y productividad de los cultivos. Rev. Fitotecnia Mexicana 14:23-29.
- Lockard R., G. and G. W. Schneider. 1981. Stock and scion growth relationships and the dwarfing mechanism in apple. Hort. Rev. 3:315-375.
- López R., G. 2006. Pitaya (*Stenocereus griseus* H.) y nopal (*Opuntia sp.*) como portainjertos de cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
- López, M., J.L. 1988. Contenidos nutrimentales en tallos y raíces de nopal tunero (*Opuntia amyclaea* Tenore.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo Texcoco Estado de México. México D.F.
- Lucena J. J. 1997. Methods the diagnosis of mineral nutrition of plants: a critical review. Acta Hort. 448: 179-192.
- Luna, M., C. y R., Aguirre J. 2001. Clasificación tradicional aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. Interciencia 26(1): 18-24.
- Lüttge U. 2002. CO₂- Concentrating: Consequences in Crassulacean Acid Metabolism. J. Exp. Bot. 53: 2131-2142.
- Lüttge U. 2004. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). Ann. Bot. 93: 629-652.

- Magallanes, Q.R., R.D. Cepeda., P.O. Pérez., M. F Blanco., A.B. Murillo., A.B. Márquez., R.R. Garduño., J.L. H. García. 2003. Normas preeliminarias de diagnóstico nutricional en *Opuntia ficus-indica* pp. 293-297. In: Memorias del IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento de Nopal. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Maiti R., K., J.L. Hernandez P. and M. Valadez M. 1994. Ultrastructure and germination of some species of Cactaceae. *Phyton-Intl. Journal of Botany* 5(55):97-105.
- Maiti R., K., A. Baquie L., A. Vélez S., P. Ebeling W. and E. Sanchez A. 2002. Propagation and germination of cacti (Including endangered rare and vulnerable) in high land valleys of México. *Crop. Res.* 24(3):538-44.
- March, K. 1997. Cactus y suculentas. Guías Jardín Blume, Grafos. Barcelona, España.
- Marti, H. R., and Mills, H. A. 1991. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as effected by stage of development and N fort. *J. Plant Nutr.* 14(11): 1165-1175.
- Martínez A., J.G. 2000. Propagación de cactáceas. *In: Memorias del II Taller regional sobre cactáceas del noreste de México. Del 30 al 31 de Marzo, Cd. Victoria Tamaulipas, México.*
- Mauseth D., J. 2004. The structure of photosynthetic succulent stems in plants other than cacti. *J. Plant Sci.* 165(1):1-9.
- Mauseth J., D. 1999. Comparative anatomy of *Espositoa*, *Pseudoespositoa* *Thrixanthocereus* and *Vatricania*. *Bradleya* 17:27-37.
- McCully, M. E. 1983. Structural aspects of graft development. In: *Vegetative Compatibility Responses in Plants*. Moore, R. (ed.). Baylor University Press. USA.
- Mercado, B. A y S. Granados D. 2002. La Pitaya. *Biología, Ecología, Fisiología, Sistemática y Etnobotánica*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.
- Metral J.J. 1995. les cactees fourrageres dans le nordest du Bresil plus particulierement dans letat du Ceara. *Agronomie Tropical* 20: 248-261.
- Miguel A., y V. Cebolla. 2005. Unión del injerto. *Terralia*. 11(53):50-60.
- Montañés L., L. Heras y M. Sanz. 1991. Desviación del óptimo porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. *An. Aula Dei.* 20 (3-4): 93-107.
- Moore R. 1984. A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. *Amer. J. Bot.* 71(5):725-758. Moore, R. 1984. A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. *Amer. J. Bot.* 71(5):725-758.

- Moreno A, M.J.; D. García M.; D. Belén R.; C. Medina A.; N. Muñoz.; I. Herrera y C. Espinoza. 2006. Evaluación bromatológica de frutos y cladodios de la tuna (*Opuntia boldinghii* Brittony Rose). Bol. Nakari 17:9-12.
- Muñoz F., J. 1997. La Pitahaya [En línea]. Disponible en: www.liberia.co.cr/promo/pitahaya.fieles. (Revisado el 25 de febrero de 2008).
- Myeong H., J., C. Chanh-Hui. And L. Yung-Myung. 2004. Production and seeding of cacto for grafting in Korea. Horticulture Science Focus. 44(3):7-10.
- Nava, H.J. 1997. Formas de vida y características morfológicas. En: Rodríguez, P.L. (ed.). Suculentas Mexicanas, Cactáceas. México D.F.
- Nerd A., and Mizrahi. 1997. Reproductive biology of fruit cacti. Hort. Rev. 18:322-346.
- Nessmann, J.D. 1994. Guía para el cuidado de los cactus y plantas. Ediciones SUSAETA, Madrid España.
- Nobel P., S. and E. De la Barrera. 2004. CO₂ uptake by the hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. Ann. Appl. Biol. 144(1):1-8.
- Nobel P., S. and T. L. Hartsock. 1983. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal, acid accumulation, and CO₂ uptake for a Crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus ndica* id metabolism plant, *Opuntia ficus ndica*. Plant physyolo. 71:71-75.
- Nobel P.S., E. Russell C., P. Felker, J. Medina G. and E. Acuña. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacto. Agronomy Journal 79:550-555.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Ed. Trillas. México D. F.
- Nobel, P.S. 1988. Environmental biology of agave and cacto. Cambridge Univ. Press. New Yorck.
- Ortíz H., Y. 1995. Avances en el conocimiento ecofisiológico de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). Tesis de doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, edo de México.
- Ortiz, H. Y.D. 1999. Pitahaya: un nuevo cultivo para México. Ed. Limusa. México. D. F.
- Ortiz, H. Y.D. 2000. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). IPN, CONACYT, SIBEL y FMCN. México.
- Padrón, P. C.A. Moreno, Álvarez M.J. Medina, y Martínez C.A. 2009. Obtention of enzymatically Hydrolized Product from cactus (*Opuntia boldinghii* Britton and Rose) Cladodes whole Flour. Pakistan Journal of Nutrition. 8(4):459-468.

- Pecheco, M. 1997. Cactáceas, suculentas mexicanas. CONABIO México.
- Pimienta, E. 1997. El nopal en México y el mundo. *In*: Suculentas Mexicanas, Cactáceas. Rodríguez, P.L. (ed.). México D.F.
- Poessel, J. L., Ermel, F. F and Faurovert, M. 1996. Le point sur les bases physiologiques de la greffe vegetale. PHM. 368.
- Prada M., C. y D. A. Ruiz S. 1990. Respuesta de la pitahaya (*Cereus triangularis* Haw.) a la fertilización edáfica y foliar en el municipio de Sasaima. Tesis Licenciatura, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, M., F. 1995. Respuesta de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) a la aspersión de fertilizantes foliares. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Ramírez, T. H.M.; J.A Reyes A.; J.M. Pinos R. y J.R. Aguirre R. 2007. Efecto de la especie y madurez sobre el contenido de nutrientes de Cladodios de Nopal. Agrociencia. 41(6):619-626.
- Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. Ediciones Mundi – Prensa. México D.F.
- Reyes S., J. y S. Arias M. 1995. Cactáceas en México. Conservación y producción. Revista Chapingo, Serie Horticultura 3:85-92.
- Reyes, J. S. 1997. Cultivo y propagación de cactus como plantas de ornato *In*: Suculentas Mexicanas, Cactáceas. Rodríguez, P.L. (ed.). México D.F.
- Rodríguez C., A, Cruz G., González A, Jiménez R, Moreno G., Pallares H, Ramírez L., Rosas M., Rueda R., Trejo T., Velasco G., y Zárate, E. 1993. El Cultivo de Pitahaya en Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo y Gobierno del Estado de Yucatán. Yucatán, México.
- Rodríguez, C. A. 1997. Guía técnica para la producción de plantas de Pitahaya en Vivero. SEDESOL (Secretaria de Desarrollo Social), Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Rojas M., A., and C., Vazquez Y. 2000. Cactus seed germination: a review. Journal of Arid Environments 44: 85-104.
- Rubluo, A., Reyes, J., Rodriguez G, B., Pimienta, B, E. y Brunner, I. 1996. Métodos de propagación biotecnológicos y convencionales en cactáceas para zonas áridas. *En*: Técnicas convencionales y Biotecnológicos para la propagación de plantas de zonas áridas.
- Ryugo, K. 1993. Fruticultura: Ciencia y arte. AGT. Editor S.A. México D.F.

- Salinas R., N., y M. Alvarez E. 2006. Anatomía y Morfología de *Corryocactus erectus* (Backeberg) Ritter (CACTACEAE). *Zonas Áridas* 10: 502-516.
- Salinas R., N., y M. Alvarez E. 2006. Anatomía y Morfología de *Corryocactus erectus* (Backeberg) Ritter (CACTACEAE). *Zonas Áridas* 10: 502-516.
- Sánchez P. A.M. 2008. Relaciones entre radiación solar, desarrollo y calidad de cactáceas ornamentales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco Estado de México.
- Sánchez, G. P., Molinos da Silva, C., Alcantar, G. G. y Sandoval V. M. 2007. Diagnostico nutrimental en plantas En: Alcantar G.G.y L. Trejo T. (eds) *Nutrición de cultivos*. Editorial Mundi-Prensa S.A. México, D.F.
- Schneck, M. 1992. *Cactus, guía ilustrada de las 150 principales especies*, Susaeta. Madrid. 112 p.
- Simons, R. K. 1987. Compatibility and stock-scion interactions as related to dwarfing. In: *Rootstocks for fruit crops*. R. C. Rom and R. F. Carlson (eds.). John Wiley and Sons Inc. USA.
- Soberon, J. 1998. Prologue. In: "Threatened cacti; of Mexico. Identification Guide to Treated cacti of Mexico". CANTE By Charles E. Glass. Fideicomiso. Fondo para la Biodiversidad, México. D.F.
- Soffiatti P. and Angyalossy, V. 2003. Stem anatomy of *Cypocereus* (Cactaceae). *Brayleya*. 21:39-48.
- Stefanis, J., P. and W. Langhans R. 1980. Factor influencing the culture and propagation of xerophytic succulent species. *HortScience* 15: 504-505.
- Stintzing F.C., Schieber A., Carle R. 2003. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices, *Eur. Food Res. Technol.* 216:303–31.
- Stordard F., L. and M. E. McCully. 1980. Effects of excision of stock and scion organs on the formation of the graft union in coleus: a histological study. *Bot. Gaz.* 14(4):401-412.
- Tanaka T., M. rikitoku and K. Gomi. 1983. Effect of N, P and K on growth and chemical composition of cactus (*Echinocactus grusonii* Hildm). *Horticultural abstracts* 53: 855.
- Terrazas T., C Loza, S. y N J. Arreola, N. 2005. Anatomía caulinar de las especies del género *Stenocereus* (Cactaceae). *Act. Bot. Venez.* 28(2): 321-336.
- Ting I., P. 1985. Crassulacean Acid Metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 36:595-622.

- Toogood, A. 2002. Propagating Plant a Darling Kinderley Book. Royal Horticulture Society. Barcelona. España.
- Troubatchov A. 1997. Gragting Ariocarpus. Cactus and Succulent Journal (U. S.) 69 (1):30-33.
- Turquoise N., y Malone, M. 1996. Non-destructive assessment of developing hydraulic connections in the graft union of tomato. Jor. Exp. Bot 47 (298).
- Valdez, C. R.D., M.F. Blanco., A.B. Murillo., M.M. Márquez., Q.R. Magallanes., R.R. G. Ruíz., J. L. Hernández, J.C. M. Ledesma y F.J. R. Macías. 2003. Fertilización química del nopal, pp. 117-136. //: El nopal, Alternativa para la agricultura de zonas Áridas en el siglo XXI. Murillo A. B; Troya, D.E. García J.L H (eds). Centro de investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. La Paz, B. C. S. México.
- Vázquez E., A. Valiente., A. Briones., C. Bolongrado., E. Ezcurra., M. Rosas., H. Nuñez. and G. Barnard. 1995. Spatial relations hips between cacti and nurse Subs. IN a semiarid environment IN central México. Journal of Vegetation Science 2:15-20.
- Vigueras, G.A. L. y L. Portillo. 1997. Cultivo de la grana cochinilla del nopal. //: Suculentas Mexicanas, Cactáceas. Rodríguez, P.L. (ed.). México D.F.
- Villavicencio, G. E. 2002. Técnicas de multiplicación para cactáceas ornamentales amenazadas o en peligro de extinción. Comisión Nacional Forestal. Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico Forestal, Nicaragua.
- Zee, F. 2004. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). Fruits and Nuts. Coperative Exnsion Service. College of Tropical Agryculture and Human Resources University of Hawai, Mánoa.

APENDICE

Apéndice 1A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 57 días de realizado el injerto, regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	15.3222	2.1888	0.49	0.8246
Tratamientos	3	6.0779	2.0259	0.45	0.7196 NS ¹
Bloques	4	9.2443	2.3110	0.52	0.7248 NS ²
Error	12	53.6104	4.4675		
Total	19	68.9327			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.2222	15.7529	2.1136	13.4175		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 2A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 72 días de realizado el injerto, regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	44.8404	6.4057	0.80	0.6002
Tratamientos	3	27.4081	9.1360	1.15	0.3703 NS ¹
Bloques	4	17.4323	4.3580	0.55	0.7051 NS ²
Error	12	95.6971	7.9747		
Total	19	140.5375			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.3190	19.1079	2.8239	14.7790		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 3A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 87 días de realizado el injerto, regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	65.5860	9.3694	1.46	0.2681
Tratamientos	3	49.5787	16.5262	2.58	0.1020 NS ¹
Bloques	4	16.0072	4.0018	0.63	0.6536 NS ²

Error	12	76.8198	6.4016
Total	19	142.4058	
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media
0.4605	15.4056	2.5301	16.4235

NS¹: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 4A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto) regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	94.6847	13.5263	1.72	
0.1958					
Tratamientos	3	77.8634	5.9544	3.30	
0.0479 *					
Bloques	4	16.8212	4.2053	0.53	
0.7135 NS					
Error	12	94.4974	7.8747		
Total	19	189.1822			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.5004	16.0460	2.8062	17.4885		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 5A. Análisis de varianza del diámetro del portainjerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto) regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	22801.6569	3257.3795	2.39	0.0945
Tratamientos	3	21268.3158	7089.4386	5.21	0.0176 *
Bloques	4	1533.3410	383.3352	0.28	0.8837 NS
Error	11	14966.2315	1360.5665		
Total	18	37767.8884			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6037	20.2226	36.8858	73.4447		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 6A. Análisis de varianza del altura del injerto (en mm) de *Lobivia silvestrii* forma aurea x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto) regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	1828.0577	261.1511	3.43	0.0298
Tratamientos	3	1269.3383	423.1127	5.55	0.0127 *
Bloques	4	558.7193	139.6798	1.83	0.1876 NS
Error	12	914.9739	76.2478		
Total	19	2743.0316			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6664	55.8508	8.7320	15.6345		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 7A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 57 días de realizado el injerto, regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	56.8430	8.1204	2.47	0.0812
Tratamiento	3	13.0738	4.3579	1.32	0.3124 NS ¹
Bloques	4	43.7691	10.9422	3.32	0.0474 NS ²
Error	12	39.5082	3.2923		
Total	19	96.3512			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.5899	7.7694	1.8144	23.3540		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 8A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 72 días de realizado el injerto, regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	108.6725	15.5246	5.58	0.0048
Tratamientos	3	50.8346	16.9448	6.09	0.0092*
Bloques	4	57.8378	14.4594	5.20	
Error	12	33.3846	2.7820		
Total	19	142.0571			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		

0.7649 6.7412 1.6679 24.7425

*: Diferencias Significativas entre tratamientos.

†: Diferencias Significativas entre bloques.

Apéndice 9A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 87 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	153.7311	21.9615	3.15	0.0390
Tratamientos	3	101.1502	33.7167	4.84	0.0196 *
Bloques	4	52.5808	13.1452	1.89	0.1770 NS
Error	12	83.5574	6.9631		
Total	19	237.2885			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6478	9.994406	2.6387	26.4025		

*: Diferencias Significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 10A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	271.2647	38.7521	2.99	0.0461
Tratamientos	3	120.2562	40.0854	3.09	0.0476 *
Bloques	4	151.0085	37.7521	2.91	0.0674 NS
Error	12	155.4288	12.9524		
Total	19	426.6935			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6357	12.7753	3.5989	28.1710		

*: Diferencias Significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 11A. Análisis de varianza del diámetro del portainjerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	22801.6569	3257.3795	2.39	0.0945

Tratamientos	3	21268.3158	7089.4386	5.21
0.0176 *				
Bloques	4	1533.3410	383.3352	0.28
0.8837 NS				
Error	11	14966.2315	1360.5665	
Total	18	37767.8884		
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media	
0.6037	20.2226	36.8858	73.4447	

*: Diferencias Significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No significativa.

Apéndice 12A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 57 días de realizado el injerto) regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	45.4720	6.4960	1.22	
0.3620					
Tratamientos	3	34.8427	11.6142	2.19	0.1426 NS ¹
Bloques	4	10.6293	2.6573	0.50	0.7364 NS ²
Error	12	63.7522	5.3126		
Total	19	109.2242			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.416319	12.95958	2.304926	17.78550		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 13A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 72 días de realizado el injerto) regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	556.2280	79.4611	1.11	0.4147
Tratamientos	3	364.7069	121.5689	1.70	0.2194
NS ¹					
Bloques	4	191.5211	47.8802	0.67	0.6248
NS ²					
Error	12	856.7663	71.3971		
Total	19	1412.9943			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.393652	40.71942	8.449686	20.7510		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 14A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 87 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	153.9256	21.9893	4.29	0.0135
Tratamientos	3	152.3841	50.7947	9.90	0.0014 *
Bloques	4	1.5415	0.3853	0.08	0.9885
NS					
Error	12	61.5574	5.1297		
Total	19	215.4830			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.7143	10.8301	2.2649	20.9130		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 15A. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	316.3725	45.1960	3.82	0.0204
Tratamientos	3	280.4368	93.4789	7.91	0.0036 *
Bloques	4	35.9356	8.9839	0.76	0.5708 NS
Error	12	141.8207	11.8183		
Total	19	458.1933			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6904	14.3510	3.4377	23.9550		

*: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 16A. Análisis de varianza del diámetro del portainjerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus trigonus* a los 102 después de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	1047.2275	149.6939	3.12	0.0402

Tratamientos	3	814.4543	271.4847	5.67	0.0118 *
Bloques	4	232.7732	58.1933	1.21	0.3548
NS					
Error	12	574.7532	47.8961		
Total	19	1621.9808			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6456	43.8532	6.9207	15.7815		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 1B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* a los 57 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	316.37251	45.19607	3.82	0.0204
Tratamientos	3	280.43686	93.47895	7.91	0.0036 *
Bloques	4	35.93565	8.98391	0.76	0.5708 NS
Error	12	141.82079	11.81839		
Total	19	458.19330			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6904	14.3510	3.4377	23.9550		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 2B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* a los 72 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	271.5145	38.7877	7.55	0.0013
Tratamientos	3	260.0197	86.6732	16.86	0.0001 *
Bloques	4	11.4948	2.8737	0.56	0.6967 NS
Error	12	61.6715	5.1392		
Total	19	333.1861			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.8149	13.0422	2.26700	17.3820		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 3B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* a los 87 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	210.5429	30.0775	8.83	0.0006
TRA	3	193.9152	64.6384	18.97	<.0001 *
BLO	4	16.6276	4.1569	1.22	0.3529 NS
Error	12	40.8813	3.4067		
Total	19	251.4242			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.8374	9.6360	1.8457	19.1545		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 4B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	172.6161	24.6594	5.11	0.0068
Tratamientos	3	159.3582	53.1194	11.01	0.0009 *
Bloques	4	13.2579	3.3144	0.69	0.6147 NS
Error	12	57.8986	4.8248		
Total	19	230.5148			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.7488	10.8197	2.1965	20.3015		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 5B. Análisis de varianza del diámetro del portainjerto (en mm) del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* forma aurea x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	1737.3902	248.1986	5.89	0.0038
Tratamientos	3	1180.8598	393.6199	9.34	0.0018 *
Bloques	4	556.5304	139.1326	3.30	0.0482 NS
Error	12	505.4858	42.1238		
Total	19	2242.8761			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6732	55.6691	8.6757	15.5845		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 6B. Análisis de varianza de altura del injerto (en mm) de *Lobivia sylvestrii* x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	4624.9876	660.7125		3.040
0.044					
Tratamientos	3	3357.1200	1119.0400	5.150	0.016 *
Bloques	4	1267.8675	316.9668	1.460	
0.275 NS					
Error	12	2609.2422	217.4368		
Total	19	7234.2298			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6393	21.5771	14.7457	68.3395		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 7B. Análisis de varianza del incremento en diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* a los 57 días de realizado el injerto regados con tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	317.1517	45.30739	11.07	0.0002
Tratamientos	3	281.9892	93.99640	22.96	<.0001 *
Bloques	4	35.1625	8.79064	2.15	0.1373 NS
Error	12	49.1274	4.09395		
Total	19	366.2792			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.8658	11.3207	2.0233	17.8730		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 8B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* a los 72 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	7	481.9552	68.8507	11.50	0.0002
Tratamientos	3	442.6268	147.5422	24.64	<.0001 *
Bloques	4	39.3284	9.8321	1.64	0.2275 NS
Error	12	71.8611	5.9884		
Total	19	553.8164			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.8702	12.8276	2.4471	19.0770		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 9B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* a los 87 días de realizado el injerto) regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	671.5247	95.9321	10.72	0.0003
Tratamientos	3	616.8770	205.6256	22.97	<.0001 *
Bloques	4	54.6476	13.6619	1.53	0.2563 NS
Error	12	107.4255	8.9521		
Total	19	778.9502			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.8620	14.6408	2.9920	20.4360		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 10B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	858.9569	122.7081	10.19	0.0003
Tratamientos	3	710.7527	236.9175	19.68	<.0001 *
Bloques	4	148.2041	37.0510	3.08	0.0584 NS
Error	12	144.4631	12.0385		
Total	19	1003.4200			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.856029	15.9057	3.4696	21.8140		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 11B. Análisis de varianza del diámetro del portainjerto (en mm) de *Notocactus leninghausii* x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	1475.2988	210.7569	3.42	0.0299
Tratamientos	3	901.4735	300.4911	4.88	0.0192 *
Bloques	4	573.8252	143.4563	2.33	0.1155 NS
Error	11	739.6520	61.6376		
Total	18	2214.9508			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6660	33.1985	7.8510	23.6485		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 12B. Analisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 57 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	40.5007	5.7858	0.65	0.7111
Tratamientos	3	11.3728	3.7909	0.42	0.7394 NS ¹
Bloques	4	29.1278	7.2819	0.81	0.5399 NS ²
Error	12	107.3094	8.9424		
Total	19	147.8101			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.4163	12.9595	2.3049	17.7855		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 13B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 72 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	571.9785	81.7112	0.99	0.4809
Tratamientos	3	199.8366	66.6122	0.81	0.5131 NS ¹
Bloques	4	372.1418	93.0354	1.13	0.3883 NS ²
Error	12	988.5747	82.3812		
Total	19	1560.5532			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.3665	45.5448	9.0764	19.9285		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 14B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 87 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	145.7021	20.8145	2.01	0.1377
Tratamientos	3	75.0105	25.0035	2.41	0.1174 NS ¹
Bloques	4	70.6915	17.6728	1.71	0.2131 NS ²
Error	12	124.3079	10.3589		
Total	19	270.0100			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.539617	16.13667	3.218539	19.94550		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 15B. Análisis de varianza del diámetro del injerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	333.0032	47.5718	2.52	0.0762
Tratamientos	3	224.3278	74.77595	3.97	0.0354 *
Bloques	4	108.6753	27.1688	1.44	0.2800 NS
Error	12	226.2168	18.8514		
Total	19	559.2200			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.5954	18.9810	4.3418	22.8745		

*: Diferencias Significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 16B. Análisis de varianza del diámetro del portainjerto (en mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata x *Hylocereus undatus* a los 102 días de realizado el injerto regados con las tres soluciones nutritivas y un testigo (agua acidulada).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	2897.3605	413.9086	7.80	0.0011
Tratamientos	3	1263.1339	421.0446	7.94	0.0035 *
Bloques	4	1634.2265	408.5566	7.70	0.0026 +

Error	12	636.7305	53.0608
Total	19	3534.0911	
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media
0.6456	43.8532	6.9207	25.3280

*: Diferencias Significativas entre tratamientos.

†: Diferencias Significativas entre bloques.

Apéndice 1C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Notocactus leninghausii* a los 57 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	143.4175	20.48822	2.35	
0.0924					
Tratamientos	3	62.0582	20.68607	2.37	
0.1213 NS ¹					
Bloques	4	81.3593	20.33983	2.34	
0.1146 NS ²					
Error	12	104.5289	8.71074		
Total	19	247.9464			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.5784	12.0129	2.9513	24.5685		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 2C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Notocactus leninghausii* a los 72 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	85.6007	12.22867	1.57	0.2354
Tratamientos	3	39.1788	13.05961	1.67	0.0250 *
Bloques	4	46.4219	11.60547	1.49	0.2666 NS ¹
Error	12	93.5736	7.79780		
Total	19	179.1743			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.4777	10.5246	2.7924	26.5325		

* : Diferencias significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias no significativas entre bloques.

Apéndice 3C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Notocactus leninghausii* a los 87 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente F	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr >
Modelo 0.5542	7	58.43397	8.34771	0.87	
Tratamientos 0.0290 *	3	47.52377	15.84125	1.66	
Bloques 0.8820 NS ²	4	10.91020	2.72755	0.29	
Error	12	114.81280	9.56773		
Total	19	173.24677			
R-cuadrada 0.337288	Coef. Var. 10.70581	Raíz MSE 3.093175	Media 28.89250		

NS¹: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 4C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Notocactus leninghausii* a los 102 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente F	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr >
Modelo	6	2659.3974	443.2329	3.77	0.0214
Tratamientos	2	1326.8678	663.4339	5.64	0.0172 *
Bloques	4	1332.5296	333.1324	2.83	0.0684 NS
Error	13	1528.3775	117.5675		
Total	19	4187.7750			
R-cuadrada 0.635038	Coef. Var. 32.49623	Raíz MSE 10.84286	Media 33.36650		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 5C. Incremento en diámetro de planta (mm) de *Notocactus leninghausii* a los 102 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Solución	Incremento en diámetro de planta por fecha de muestreo (mm)				
	42*	57*	72*	87*	102*
Steiner	0	3.05	4.84	6.35	7.83
2:2:4	0	3.23	4.76	8.01	10.85
La Molina	0	2.90	6.38	9.86	12.00
Testigo	0	2.14	3.21	4.41	5.87

Apéndice 6C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata a los 57 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	48.5631	6.93758	1.77	0.1828
Tratamiento	3	22.4906	7.49689	1.92	0.1808
NS ¹					
Bloques	4	26.0724	6.51810	1.67	0.2219
NS ²					
Error	12	46.9394	3.91161		
Total	19	95.5025			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.5085	13.1957	1.9777	14.9880		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 7C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata a los 72 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	65.1279	9.3039	2.87	0.0522
Tratamientos	3	34.3413	11.4471	3.53	0.0484 NS ¹
Bloques	4	30.7865	7.6966	2.38	0.1103
NS ²					
Error	12	38.8719	3.2393		
Total	19	103.9999			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6262	11.1133	1.7998	16.1950		

NS¹: Diferencias No Significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 8C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata a los 87 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	7	87.3614	12.4802	3.23	0.0360
Tratamientos	3	47.3045	15.7687	4.08	0.0326 NS ¹
Bloques	4	40.0568	10.0142	2.59	0.0900 NS ²
Error	12	46.3218	3.8601		
Total	19	133.6832			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6534	11.1635	1.9647	17.5995		

NS¹: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS²: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 9C. Análisis de varianza del diámetro de planta (mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata a los 102 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Modelo	6	2659.3974	443.2329	3.77	0.0214
Tratamientos	2	1326.8678	663.4339	5.64	0.0172**
Bloques	4	1332.5296	333.1324	2.83	0.0684NS
Error	13	1528.3775	117.5675		
Total	19	4187.7750			
R-cuadrada	Coef. Var.	Raíz MSE	Media		
0.6350	32.4962	10.8428	33.3665		

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

NS: Diferencias No Significativas entre bloques.

Apéndice 10C. Incremento en diámetro de planta (mm) de *Copiapoa tenuissima* forma cristata a los 102 días de aplicados los tratamientos (tres soluciones nutritivas y un testigo).

Solución	Incremento en diámetro de planta por fecha de muestreo (mm)				
	42*	57*	72*	87*	102*
Steiner	0	2.35	3.52	5.11	7.21
2:2:4 de NPK	0	1.28	2.56	3.45	4.50
La Molina	0	2.22	3.80	5.77	7.93
Testigo	0	1.65	2.44	3.61	4.38

* = Días de realizado el injerto.

