

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Rescate, Conservación y Monitoreo de Especies de Cactáceas en la Zona de Rescate de la Planta de Cementos Holcim México en el Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila

Por:

MARIO MOLINA NAVARRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Rescate, Conservación y Monitoreo de Especies de Cactáceas en la Zona de
Rescate de la Planta de Cementos Holcim México en el Municipio de
Ramos Arizpe, Coahuila

Por:

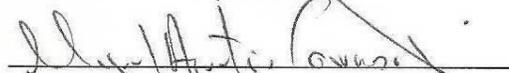
MARIO MOLINA NAVARRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada



Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez

Asesor Principal



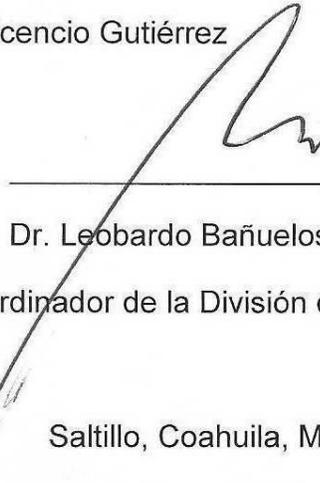
M.C. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez

Coasesor



Ing. Anastacio Aguilar Cisneros

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2015.

AGRADECIMIENTOS

A mi “ALMA MATER” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme forjado profesionalmente en sus aulas.

A mis maestros por haberme enseñado sus conocimientos dentro y fuera de las aulas, en especial a M.C. Gerardo Sánchez Martínez y la doctora Silvia Judith Martínez Amador por sus consejos, apoyo y enseñanzas durante el periodo universitario.

A la empresa Holcimplanta Ramos Arizpe, Coahuila, por dejarme realizar este trabajo en sus instalaciones, en especial al Ing. Omar Vizcarra Pascual, Ing. Víctor García Bustos e Ing. Anastasio Aguilar por el apoyo incondicional brindado para la elaboración de esta tesis.

DEDICATORIA

El presente trabajo representa la culminación de mis estudios profesionales por lo que deseo dedicarlo con mucho cariño, respeto y admiración a quienes se esforzaron por brindarme su apoyo y comparación.

Principalmente a mis padres:

Mario Molina Antúnez

Adelaida Navarro Bautista

Por haberme dado la vida, por enseñarme valores para ser un hombre de bien, por su enorme cariño y por todos los sacrificios realizados para brindarme el apoyo incondicional en todos los aspectos, que gracias a ellos logre culminar una meta muy importante en mi vida.

A mis hermanos

Manlio Dumas Molina Navarro

Madeline Molina Navarro

Miguel Ángel Molina Navarro

Por todos los momentos inolvidables que pasamos juntos y seguiremos pasando, que junto con mis padres son lo más valioso que tengo en la vida y forman la mejor familia que dios pudo brindarme.

A mi novia Blanca Gorety González Hernández por su cariño y amor, que junto con su familia me han brindado un gran apoyo.

A mis amigos de la universidad, a la familia Molina Antúnez y Navarro Bautista por sus consejos y apoyo durante el periodo de universidad.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE MAPAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
Cactáceas.....	5
Morfología y fisiología de las cactáceas.....	6
Raíz.....	7
Vástago.....	9
Hojas.....	9
Tubérculos.....	10
Costillas	11
Aréolas.....	12
Espinás	13
Glándulas	15
Tallos	16
Inflorescencias y Cefalios	18
Flor	18

Fruto.....	21
Hábitat de las cactáceas.....	22
Tipos de minería.....	23
Explotación de canteras en la planta de Cementos Holcim.....	25
Rehabilitación de canteras.....	26
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Ubicación.....	28
Clima.....	29
Suelo.....	29
Hidrología.....	30
Vegetación.....	31
Procedimiento del inventario.....	32
Diseño experimental.....	34
Tratamientos en las parcelas experimentales.....	35
Características del establecimiento de las parcelas experimentales.....	35
Trasplante y extracción de especies.....	40
Manejo curatorial.....	43
Riego.....	45
Deshierbe.....	46
Base de Datos en la zona de rescate.....	46
Identificación de especies.....	46
Relación de existencias de plantas en la zona de rescate.....	47
Evaluación de la sobrevivencia y mortalidad de las especies en las parcelas experimentales de la zona de rescate.....	47
VI. RESULTADOS.....	48
Base de Datos en la zona de rescate.....	48

Especies de mayor importancia en la zona de rescate	49
Descripción morfológica de la diversidad florística	49
<i>Ancistrocactus scheeri</i> Sam-Dyck, Britton & Rose	49
<i>Ariocarpus retusus</i> Scheidw	50
<i>Astrophytum capricorne</i> A. Dietr. Britton & Rose	51
<i>Coryphantha pseudoechinus</i> Boed	52
<i>Coryphantha radians</i> DC. Britton et Rose	53
<i>Coryphantha poselgeriana</i> A. Dietr. Britton et Rose	54
<i>Coryphantha salinensis</i> Poselger, Zimmerman ex Dicht et A. Lüthy	55
<i>Coryphantha scheeri</i> Lem	56
<i>Coryphantha speciosa</i> Boed	57
<i>Echinocactus horizonthalonius</i> Lem.	58
<i>Echinocereus pectinatus</i> Engelm	59
<i>Echinocereus perbellus</i> Britt et Rose	60
<i>Echinocereus reichenbachii</i> Haage	61
<i>Echinocereus sarissophorus</i> Britton & Rose	62
<i>Echinocereus stramineus</i> Engelm. Ex. F. Seitz	63
<i>Epithelantha bokei</i> L. D. Benson	64
<i>Ferocactus stainesii</i> Hook. Britton & Rose	65
<i>Ferocactus hamatacanthus</i> Muehlenpf. Britton & Rose	66
<i>Lophophora fricii</i> Haberm	67
<i>Lophophora williamsii</i> J. M. Coult.	68
<i>Mammillaria formosa</i> Galeotti ex Scheidw	69
<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.	70
<i>Mammillaria melanocentra</i> Poselg	71
<i>Mammillaria pachycylindrica</i> Backeb	72
<i>Mammillaria pottsii</i> Scheer ex Salm-Dyck	73
<i>Thelocactus bicolor</i> (Galeotti ex Pleiff,) Britton & Rose	74
<i>Thelocactus rinconensis</i> (Poselg.) Britton & Rose	75
<i>Thelocactus rinconensis</i> ssp. <i>phymatothele</i> (Poselger) Glass	76
Descripción de especies de la familia <i>Agavácea</i>	77

<i>Agave lechuguilla</i> Torrey	77
<i>Yucca carnerosana</i> Trel.....	78
Relación de plantas en la zona de rescate	79
Relación de especies por género de la familia Cactácea.....	80
Relación de ejemplares por género de la familia Cactácea	81
Índice de sobrevivencia	84
Inventario de la diversidad florística en las parcelas experimentales realizadas en 2013.....	84
Índice de sobrevivencia en las parcelas experimentales	86
Sobrevivencia por parcela experimental	103
Mortalidad.....	114
VII. CONCLUSIÓN	115
VIII. LITERATURA CITADA	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.Formato utilizado para la toma de datos en los inventarios de las parcelas en la zona de rescate.....	48
Cuadro 2. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la CITES (E: Endémica - A: Amenazada - Pr: Protección especial - Il: Apéndice dos de la CITES)	49
Cuadro 3.Inventario de las especies registradas en la zona de rescate (E: Endémica - A: Amenazada - Pr: Protección especial - Il: Apéndice dos de la CITES - X: Especie no trasplantada.....	83
Cuadro 4. Distribución, categoría de riesgo, categoría CITES y porcentaje de sobrevivencia de las especies a un año después del trasplante en las parcelas experimentales.	87

Cuadro 5. Análisis de varianza de sobrevivencia y comparación de medias de siete especies de cactáceas trasplantadas en diferentes sustratos; se analizaron estadísticamente estas especies, debido a que solo estas contaban con datos representativos..... 88

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización del área de estudio	28
Mapa 2. Edafología de la zona de rescate	30
Mapa 3. Micro cuencas dentro del predio de Cementos Holcim Planta Ramos Arizpe, Coahuila.....	31
Mapa 4. Tipo de vegetación en la zona de rescate	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.a) raíz de <i>Lophophora williamsii</i> tipo tuberosa. b) raíz de <i>Thelocactus bicolor</i> tipo columnar.	8
Figura 2. Tubérculos de <i>Mammillaria</i> tipo prismáticos.	11
Figura 3. a) Costilla en forma espiralada como en <i>Neolloydia conoidea</i> . b) costillas rectas de <i>Echinocereus reichenbachii</i>	12
Figura 4. Aréola de <i>Mammillaria</i> en donde el meristemo florífero y espinífero están completamente separados, el primero en la axila del tubérculo y el segundo en el ápice del mismo.	13
Figura 5. Espinas rectas en <i>Coryphantha pseudoechinus</i>	14
Figura 6. Tipo de espinas de cactáceas.....	15
Figura 7. Glándulas de <i>Hamatacanthus</i>	16
Figura 8. Se aprecia la flor de a) <i>Echinocereus pectinatus</i> , b) <i>Epithelantha micromeris</i> y c) <i>Astrophytum capricorne</i>	20

Figura 9. a) Se observa el polen en un <i>Echinocereus stramineus</i> , b) se aprecian los estambres en una flor de <i>Coryphantha posegeriana</i>	21
Figura 10. Se observa el fruto de <i>Mammillaria pottsii</i>)conocido como chilitos.	21
Figura 11. <i>Especies</i> creciendo bajo arbustos en su hábitat natural..	22
Figura 12. <i>Thelocactus rinconensis</i> afectada por la radiación solar en la zona de rescate.	33
Figura 13. Problemas de drenaje en suelo de la zona de rescate de cactáceas ..	34
Figura 14. Barbecho de la zona donde estarán las parcelas experimentales	36
Figura 15. Descarga de sirre y leonardita respectivamente	37
Figura 16. Distribución de los materiales correspondientes para cada parcela. ...	38
Figura 17. Combinación de los materiales con la tierra de la zona a una profundidad de 20 centímetros.....	38
Figura 18. Elaboración de las camas para el trasplante de las cactáceas y lechuguilla.	39
Figura 19. Instalación de malla gallinera	40
Figura 20.Parcela número dos ya terminada.....	40
Figura 21. Extracción de Cactáceas.....	42
Figura 22. Transporte de Cactáceas (lugar de extracción-camioneta-CECAF).....	42
Figura 23. Secado de cactáceas durante 2-3 días para su cicatrización de heridas causadas durante la extracción o trasplante.	43
Figura 24. Trasplante de cactáceas en la parcela uno	44
Figura 25. Combinación de cactáceas en los bloques.	44
Figura 26. Bloques de cactáceas divididos por una lechuguilla cada uno.....	45
Figura 27. Riego por inundación para acelerar el anclaje de la planta.....	46
Figura 28. <i>Ancistrocactus scheeri</i> en floración y con fruto albergadas en la zona de rescate	50

Figura 29. (a) <i>Ariocarpus retusus</i> en su hábitat natural, (b) <i>Ariocarpus retusus</i> en zona de rescate.....	51
Figura 30. <i>Astrophytum capricorne</i> en zona de rescate	52
Figura 31. <i>Coryphantha pseudoechinus</i> en zona de rescate.	53
Figura 32. <i>Coryphantha radians</i> en zona de rescate.....	54
Figura 33. <i>Coryphantha poselgeriana</i> en estado juvenil y adulto	55
Figura 34. <i>Coryphantha salinensis</i> en zona de rescate.....	56
Figura 35. <i>Coryphantha Scheeri</i>	57
Figura 36. Se observa planta cespitosa, por ejemplo <i>Coryphanthaspeciosa</i>	58
Figura 37. <i>Echinocactus horizonthalonius</i> en diferente etapa fenológica.....	59
Figura 38. Individuos de <i>Echinocereus pectinatus</i> en zona de rescate.....	60
Figura 39. <i>Echinocereus perbellus</i> , resguardado en la zona de rescate de especies nativas	61
Figura 40. <i>Echinocereus reichenbachii</i> resguardado en zona de rescate.....	62
Figura 41. <i>Echinocereus sarissophorus</i> con macollo pequeño en la zona de rescate.	63
Figura 42. <i>Echinocereus stramineus</i> ubicado en lago de la planta de Cementos Holcim	64
Figura 43. <i>Epithelantha Bokei</i> , resguardado en zona de rescate	65
Figura 44. <i>Ferocactus stainesii</i> ubicada en cantera Grava Alta	66
Figura 45. <i>Ferocactus hamatacanthus</i> resguardada en zona de rescate.....	67
Figura 46. <i>Lophophora fricii</i> ubicado en zona de rescate.....	68
Figura 47. <i>Lophophora williamsii</i> solitario, en macollos y en estado de floración..	69
Figura 48. <i>Mammillaria formosa</i> resguardada en la zona de rescate.....	70
Figura 49. <i>Mammillaria heyderi</i> resguardada en zona de rescate.....	71

Figura 50. <i>Mammillaria melanocentra</i> resguardada en zona de rescate.....	72
Figura 51. <i>Mammillaria pachycylindrica</i> resguardada en la zona de rescate	73
Figura 52. <i>Mammillaria pottsicespitosa</i> , b) solitario resguardados en la zona de rescate.....	74
Figura 53. <i>Thelocactus bicolor</i> resguardada en zona de rescate.....	75
Figura 54. A la izquierda Flor de <i>Thelocactus rinconensis</i> , a la derecha <i>Thelocactus bicolor</i>	76
Figura 55. <i>Thelocactus phymatothele</i> resguardado en zona de rescate.....	77
Figura 56. <i>Agave lechuguilla</i> utilizada como especie nodriza para las cactáceas en la zona de rescate.....	78
Figura 57. <i>Yuca carnerosana</i> en zona de rescate.....	79
Figura 58. Comparación de individuos de cactáceas en los inventarios del 2011, 2012 y 2013.....	79
Figura 59. Número de individuos de las familias (<i>cactáceas y agaváceas</i>) que se encuentran en la zona de rescate de especies nativas.....	80
Figura 60. Número de especies por género	81
Figura 61. Número de ejemplares que conforman a cada Género.....	81
Figura 62. Géneros con número de ejemplares que conforman a la familia de Agaváceas.....	82
Figura 63. Surco de cactáceas delimitados por dos surcos de lechuguilla	82
Figura 64. Porcentajes de sobrevivencia en comparación con el año 2012.....	84
Figura 65. Número de individuos correspondientes a cada parcela.....	85
Figura 66. Número de especies que conforman a cada género que se encuentran plantados en las parcelas experimentales	85
Figura 67. Número de individuos que conforman a cada género	86

Figura 68. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Coryphantha radians</i> en las diferentes parcelas.	90
Figura 69. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Echinocactus horizonthalonius</i> en las diferentes parcelas.	92
Figura 70. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Echinocereus stramineus</i> en las diferentes parcelas.	94
Figura 71. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Lophophora williamsii</i> en las diferentes parcelas.	96
Figura 72. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Mammillaria pottsii</i> en las diferentes parcelas.	98
Figura 73. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Thelocactus bicolor</i> en las diferentes parcelas.	99
Figura 74. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de <i>Thelocactus rinconensis</i> en las diferentes parcelas.	101
Figura 75. Comparación del porcentaje de sobrevivencia de cada parcela experimental durante cada monitoreo.	103
Figura 76. Resultado del porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela Uno donde <i>A-capricorne</i> , <i>B-scheeri</i> , <i>C-echinus</i> , <i>D-poselgeriana</i> , <i>E-radians</i> , <i>F-pseudoechinus</i> , <i>G-horizonthalonius</i> , <i>H-pectinatus</i> , <i>I-reichenbachii</i> , <i>J-stramineus</i> , <i>K-bokei</i> , <i>L-micromeris</i> , <i>M-hamatacanthus</i> , <i>N-fricii</i> , <i>O-williamsii</i> , <i>P-candida</i> , <i>Q-coahuilensis</i> , <i>R-heyderi</i> , <i>S-melanocentra</i> , <i>T-pachycylindrica</i> , <i>U-pottsii</i> , <i>V-bicolor</i> , <i>W-phymatothele</i> , <i>X-rinconensis</i>	105
Figura 77. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela dos donde <i>A-capricorne</i> , <i>B-scheeri</i> , <i>C-conoidea</i> , <i>D-poselgeriana</i> , <i>E-radians</i> , <i>F-pseudoechinus</i> , <i>G-horizonthalonius</i> , <i>H-pectinatus</i> , <i>I-reichenbachii</i> , <i>J-stramineus</i> , <i>K-hamatacanthus</i> , <i>L-fricii</i> , <i>M-williamsii</i> , <i>N-coahuilensis</i> , <i>O-heyderi</i> , <i>P-melanocentra</i> , <i>Q-pachycylindrica</i> , <i>R-pottsii</i> , <i>S-bicolor</i> , <i>T-phymatothele</i> , <i>U-rinconensis</i>	106
Figura 78. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela tres donde <i>A-capricorne</i> , <i>B-scheeri</i> , <i>C-conoidea</i> , <i>D-radians</i> , <i>E-speciosa</i> , <i>F-pseudoechinus</i> , <i>G-</i>	

horizonthalonius, *H-pectinatus*, *I-reichenbachii*, *J-perbellus*, *K-stramineus*, *L-hamatacanthus*, *M-fricii*, *N-williamsii*, *O-coahuilensis*, *P-formosa*, *Q-heyderi*, *R-melanocentra*, *S-pachycylindrica*, *T-pottsii*, *U-bicolor*, *V-phymatothele*, *W-rinconensis*..... 108

Figura 79. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela cuatro donde *A-capricorne*, *B-scheeri*, *C-conoidea*, *D-posalgeriana*, *E-radians*, *F-speciosa*, *G-pseudoechinus*, *H-horizonthalonius*, *I-pectinatus*, *J-reichenbachii*, *K-stramineus*, *L-hamatacanthus*, *M-fricii*, *N-williamsii*, *O-heyderi*, *P-melanocentra*, *Q-pachycylindrica*, *R-pottsii*, *S-bicolor*, *T-phymatothele*, *U-rinconensis*..... 109

Figura 80. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela cinco donde *A-capricorne*, *B-scheeri*, *C-conoidea*, *D-posalgeriana*, *E-radians*, *F-speciosa*, *G-pseudoechinus*, *H-horizonthalonius*, *I-pectinatus*, *J-reichenbachii*, *K-stramineus*, *L-hamatacanthus*, *M-fricii*, *N-williamsii*, *O-pottsii*, *P-bicolor*, *Q-phymatothele*, *R-rinconensis*..... 111

Figura 81. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela seis donde *A-scheeri*, *B-conoidea*, *C-posalgeriana*, *D-radians*, *E-speciosa*, *F-pseudoechinus*, *G-horizonthalonius*, *H-pectinatus*, *I-reichenbachii*, *J-stramineus*, *K-bokei*, *L-micromeris*, *M-hamatacanthus*, *N-fricii*, *O-williamsii*, *P-heyderi*, *Q-melanocentra*, *R-pachycylindrica*, *S-pottsii*, *T-bicolor*, *U-phymatothele*, *V-rinconensis*.....113

Figura 82. Comportamiento de los porcentajes de mortalidad en cada parcela a través de cada monitoreo (M1: monitoreo uno - M2: monitoreo dos - M3: monitoreo tres - M4: monitoreo cuatro - M5: monitoreo cinco - χ : media de mortalidad en el monitoreo)..... 114

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la zona de rescate de especies florísticas de Holcim, Ramos Arizpe establecida como estrategia local para el cumplimiento de su directiva de rehabilitación de canteras. El objetivo fue incrementar el porcentaje de sobrevivencia de cactáceas que son extraídas de lugares próximos a explotar y trasplantadas a la zona de rescate localizada al Oeste de la planta sobre carretera Saltillo–Monterrey km. 23.5 con coordenadas UTM N 2,832,929.7/E 313,313.2. Se elaboró un inventario, una base de datos y descripción botánica de las especies. Mediante un diseño experimental de bloques al azar se evaluó el efecto del tipo de sustrato en la sobrevivencia y mortalidad de las especies. Como factor A se consideraron seis parcelas experimentales; parcela uno (compuesta por tierra, grava, sirre de caprino y malla sombra), parcela dos (tierra, grava, humus volcánico y malla sombra), parcela tres (tierra extraída del hábitat donde se encontraban las especie y malla sombra), parcela cuatro (tierra, grava y sirre de caprino), parcela cinco (tierra grava y sirre de caprino), parcela seis (tierra extraída del hábitat donde se encontraban las especies) y como factor B fueron las diferentes especies de cactáceas establecidas. Las variables de respuesta fueron la sobrevivencia y mortalidad medidas en porcentaje. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico SAS (2006) con bloques al azar a diferentes repeticiones, los resultados mostraron diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) y diferencias altamente significativas (Tukey, $P \leq 0.01$). Las parcelas experimentales uno, tres y seis registraron los mayores porcentajes de sobrevivencia (90-93.7%) siendo la parcela experimental 1 la mejor con un 93.7 %, esta parcela permite un buen desarrollo y establecimiento de las especies lo que da las bases para establecer un protocolo de manejo para la zona de rescate que sirve para dar seguimiento a las futuras extracciones de ejemplares de especies de cactáceas donde se garantice la adaptación y conservación *ex situ* del material vegetativo.

Palabras clave: Cactáceas, Morfología de Cactáceas, Descripción taxonómica

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los pilares de mayor relevancia de la cadena de valor de Holcim es la sustentabilidad dentro de sus operaciones; El manejo y consumo responsable de recursos naturales así como el restablecer los predios destinados a la extracción de materiales pétreos bajo la premisa de devolver a la naturaleza lo que de ella toma. En planta Ramos Arizpe se constituyó a partir del 2010 una zona de rescate de especies de mayor importancia ecológica como parte de su plan de rehabilitación de canteras.

El hecho de rescatar la flora, conlleva como objetivo final el propiciar y asegurar la continuidad de la evolución de los ecosistemas ambientales y la biodiversidad de especies, esto repercutirá en una menor pérdida de la flora, fauna y preservación del ambiente, por lo que la conservación de la biodiversidad debe considerarse como una modalidad de manejo de los recursos naturales (Sánchez *et al.*, 2003).

Una de las familias más representativas de la diversidad biológica de México son las Cactáceas, que constituyen un grupo de plantas excepcionalmente diverso debido a su gran variedad morfológica y taxonómica. Las Cactáceas son exclusivas del Continente Americano y tienen su principal centro de diversificación en México, distribuidas principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país, que cubren casi la mitad del territorio nacional (Hernández y Chávez, 2007).

Esta familia ocupa el quinto lugar en diversidad, con alrededor de 55 géneros y 850 especies en el ámbito nacional. México es el centro de diversificación de cactáceas más importante del Continente americano, con un elevado índice de endemismos (Bravo y Sánchez, 1991).

Hernández y Godínez (1994) calculan que el grado de endemismos de las especies es de aproximadamente del 78% y del 73% a nivel de géneros, mientras que Arias (1993) estima que el endemismo a nivel de géneros es de 35% y el de especies es de 84%; aunque estas cifras difieren, ambos trabajos coinciden en que el porcentaje de endemismos en México es muy alto. De las tres subfamilias,

la *Cactoideae* es la que más especies presenta y comprende aproximadamente 110 géneros la *Opuntioideae* está representada en México por tres géneros (*Pereskioopsis*, *Nopalea* y *Opuntia*) (Bravo, 1978; Gibson y Nobel, 1986).

La familia *Cactáceae* está entre las familias con más especies amenazadas internacionalmente. En México 35% de las Cactáceas se encuentran amenazadas y además existe un alto endemismo a nivel de especie (78%) y de género (73%). El género con más especies protegidas es *Mammillaria* (Valencia *et al.*, 2012).

Los cambios en el medio ambiente físico o en la biota tienen notables efectos nocivos en la composición, la recuperación y la productividad de los ecosistemas naturales, así como en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, en la salud y en el bienestar humano. Las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas (Peña y Neyra, 1998).

Con la actual degradación de los ecosistemas naturales donde se distribuyen y crecen las cactáceas, ha hecho necesario implementar un programa de manejo y conservación de esta familia enfocado al rescate y conservación *in situ* y *ex situ* en el que se consideren los aspectos que afectan la biodiversidad, la evaluación del estado de conservación de los hábitats críticos o de aquellos que presenten poblaciones naturales con especies en estatus de riesgo (peligro de extinción (P), amenazadas (A) y en protección especial (Pr), desarrollo de esquemas de manejo y aprovechamiento, así como aplicación de métodos eficientes de reproducción con especies con problemas de sobrevivencia en el campo (Toledo, 2006).

Por este motivo, es imprescindible ampliar el conocimiento sobre la biodiversidad y estado de conservación de hábitats críticos donde se distribuyen estas especies, para tomar decisiones que permitan desarrollar estrategias de conservación, manejo, recuperación, rehabilitación y restauración de la zona de rescate de cactáceas de la planta Cementos Holcim en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

II. OBJETIVOS

- Elaborar un inventario de la diversidad de especies de cactáceas en la zona de rescate de la planta Cementos Holcim en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.
- Descripción morfológica de las especies registradas en el sitio de la zona de rescate.
- Elaborar una base de datos con las diferentes categorías taxonómicas de la zona.
- Evaluar la sobrevivencia y mortalidad de las especies de cactáceas en las parcelas experimentales de la zona de rescate.

III. HIPÓTESIS

Al menos una de las parcelas experimentales propiciará condiciones adecuadas para las Cactáceas y permitirá porcentajes de sobrevivencia mayor al 85%.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

Cactáceas

Las cactáceas son una familia de plantas suculentas y la gran mayoría son espinosas, conocidas en conjunto como cactus o cactus. Esta familia es exclusiva de América y se divide en tres subfamilias :

Grupo 1(*Opuntioideae*).- Incluye los nopales y el xoconostle, de tallos aplanados y con frutos conocidos como tunas. También se incluyen las chollas y tencholotes, de tallos cilíndricos delgados cubiertos de espinas.

Grupo 2 (*Cactoideae*).- Incluye a los cactus alargados, chaparros y redondos en forma de barril y en forma de candelabros.

Grupo 3(*Pereskioideae*).- Incluye pocas especies conocidas como cactus con hojas o árbol del matrimonio, que se consideran los cactus más primitivos.

La familia es originaria del Continente Americano y apareció hace cerca de 80 millones de años. El grupo está constituido por cerca de 2,000 especies, las cuales se encuentran distribuidas en este continente, desde el norte de Canadá hasta la Patagonia, y desde el nivel del mar, en dunas costeras, hasta los 5,100 msnm, en Perú (Gibson y Nobel, 1986; Bravo y Scheinvar, 1999).

México es el centro de diversificación más importante del mundo, los especialistas reconocen la existencia de 913 taxones, conformando 669 especies, las cuales se encuentran agrupadas en 63 géneros y reconocen 244 subespecies. El estado de San Luis Potosí es el que posee una mayor diversidad, registrando 151 especies. Le siguen los estados de Coahuila con 126 especies, Nuevo León y Oaxaca con 118 especies respectivamente. San Luis Potosí también es el estado con mayor riqueza de géneros (33), seguido por Oaxaca con 32 y Tamaulipas con 31 (Guzmán *et al.*, 2003).

De acuerdo con Gibson y Nobel (1986), los géneros *Opuntia* y *Mammillaria* son los grupos más diversos, con mayor número de especies y los menos estudiados desde el punto de vista taxonómico y ecológico.

En los ambientes más áridos, con precipitaciones anuales menores a 600 mm, como ocurre en el desierto Chihuahuense (Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro) y Aguascalientes, Estado de México e Hidalgo, abundan las biznagas (*Ferocactus spp.*, y *Echinocactus platyacanthus*), cactáceas pequeñas como el “peyote cimarrón” (*Ariocarpus sp.*) y otras pertenecientes al género *Astrophytum* y *Coryphantha*. Además de las biznaguitas o chilitos pertenecientes al género *Mammillaria*. En algunas regiones de este desierto se presentan poblaciones de peyotes (*Lophophora williamsii* y *L. diffusa*), también se encuentran grandes nopaleras formadas por poblaciones de diversas especies (Jiménez, 2011).

En la Norma NOM-059-SEMARNAT-2010 están consideradas 281 especies con algún tipo de estatus; 65 se encuentran enlistadas en el libro rojo de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN) y 41 especies aparecen en el Apéndice I del CITES. La máxima riqueza de especies se presenta en las regiones áridas y semiáridas de los dos grandes desiertos del norte del país; el Desierto Chihuahuense (Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, porciones de Durango y Tamaulipas) y el Desierto Sonorense (Baja California, Baja California Sur, Sonora y parte de Sinaloa) (I.U.N.C. 1983).

Morfología y fisiología de las cactáceas

Según Durán y Méndez (2010), las Cactáceas poseen características morfológicas y fisiológicas muy específicas en comparación con otras plantas, estas le han permitido colonizar exitosamente los ambientes cálidos y áridos: presentan una reducción o eliminación de hojas, convirtiéndolas en espinas, para reducir la pérdida de agua, durante al proceso de transpiración, tienen la capacidad de absorber agua rápidamente para aprovechar las escasas lluvias tormentosas que frecuentemente son las únicas en los desiertos, el proceso de fotosíntesis se

realiza en los tallos y se lleva a cabo durante la noche (desarrollo del metabolismo CAM).

Como parte de sus adaptaciones a la vida en climas secos, las cactáceas presentan un cuerpo formado de un tallo columnar, esférico o aplanado que está engrosado debido a que los tejidos de almacenamiento (parénquima) están muy desarrollados. Esta forma les sirve para almacenar nutrientes como agua y sales minerales. Las hojas están modificadas generalmente en espinas o en hojas muy pequeñas, con esto se reduce la pérdida de agua, además les brinda protección contra depredadores, ayudan a la dispersión cuando se adhieren a la piel de algún animal, producen sombra y dan protección al tallo reflejando los rayos del sol, incluso pueden formar una coraza, la cual condensa la humedad y la dirige hacia las raíces (Arreola, 1997).

Raíz

La raíz de las cactáceas es semejante, por lo general a la de otras dicotiledóneas, procede de la radícula del embrión y en algunos casos, es adventicia. Este órgano fija la planta en el suelo, absorbe el agua con las sustancias nutritivas en ella disueltas (Bravo y Sánchez, 1991).

Según Rivas (1998), la raíz de las *Cactáceas* tienen características muy específicas, debido a que han tenido que adaptarse a las particularidades físicas del suelo como: la falta periódica de humedad, filtración rápida de agua, intensa insolación, etc., lo que ha permitido diversas modificaciones en la forma, tipo de ramificación, longitud, situación, etc. Según sea el género, las raíces adquieren volumen y formas distintas (Figura 1).

Se pueden distinguir tres tipos de raíces:

- El tipo general en el cual la raíz principal y las secundarias tienen más o menos el mismo desarrollo.
- La principal se puede desarrollar más, de mayor a menor y se asemeja a un clavo o tachuela, o acumula muchas reservas y se torna napiforme

(presenta tubérculos del tamaño de un garbanzo). En este tipo de incluyen las especies que almacenan agua y sustancias nutritivas de la raíz.

- Las raíces secundarias son más numerosas y ramificadas y están más desarrolladas que la principal, este tipo es el más común en las Cactáceas.

Desde el punto de vista fisiológico la raíz principal constituye el sistema de fijación y las raíces secundarias intervienen particularmente en la absorción de nutrientes; sin embargo, cuando la raíz principal no desempeña su función fijadora, algunas de las raíces secundarias cambian sus hábitos y se transforman en fijadoras.

Como la raíz de las cactáceas es un órgano que en algunas especies almacena agua y reservas nutritivas, adquiere diversas formas: napiforme, columnar, tuberosa, tuberosa fasciculada, tuberosa claviforme (Bravo, 1978).



Figura 1. a) raíz de *Lophophorawilliamsii* tipo tuberosa. b) raíz de *Thelocactus bicolor* tipo columnar.

En zonas áridas las lluvias, aunque torrenciales, son de corta duración y lo elevado de la temperatura hacen que la escasa agua que persiste en el suelo después de los escurrimientos, se evapore o se filtre rápidamente a las capas profundas. El sistema de absorción tiene entonces que adaptarse para captar el

agua con rapidez, caracterizándose tanto por su extraordinaria ramificación, como por la gran longitud que alcanzan, extendiéndose horizontalmente a la profundidad mínima de 1.5 a 5 cm bajo la superficie del suelo. En las épocas de lluvia se forma en la extremidad de estas raíces secundarias, el verdadero sistema de absorción, el cual consiste en numerosas raicillas blancas provistas de pelos absorbentes, que son caducas, pues su vida se limita a la temporada lluviosa, marchitándose después. La absorción, por tanto se efectúa solamente durante una época del año muy restringida (Rodríguez y Apezteguia, 1980).

Vástago

Como en todas las dicotiledóneas el vástago de las cactáceas consta de un tallo, hojas tectrices y yemas; sin embargo, estos órganos solo están desarrollados como en los géneros *Preseskia*, *Pereskiopsis* y *Quiabentia*, en tanto que los demás géneros experimentan grandes modificaciones; en numerosas especies, el tallo tiene una gran reducción tanto en la longitud de los entrenudos como en la ramificación. Las hojas tectrices, que en las demás dicotiledóneas constan de limbo, peciolo y base, en las cactáceas, excepto en las especies foliadas, sufren cambios anatómicos considerables, su base se engruesa y crece transformándose en un podario o tubérculo, el peciolo se atrofia y el limbo se reduce considerablemente (Bravo, 1978; Glass, 1998).

Las yemas axilares en las cactáceas están representadas por las aréolas, pues además de producir nuevos brotes y flores como en las otras dicotiledóneas, dan origen a espinas, cerdas, gloquidas y lana. Las aréolas; sin embargo, no son siempre axilares, sino que se hallan desplazadas hasta el ápice de los tubérculos (Bravo, 1978).

Hojas

Las hojas son órganos que la mayoría de Cactáceas han perdido, ya que estas se han transformado en espinas y se agrupan en fascículos llamados aréolas. Estas se pueden dispersar en toda la superficie de los órganos vegetativos sin ningún orden o delimitarse en zonas precisas, solamente algunos cactus de las tribus más

primitivas como *PereskiaPereskiopsis* y *Quiabentia*, en los que el limbo es grueso, carnoso y de forma orbicular o elíptica, pudiendo distinguirse en él, algunas nervaduras pinnadas o más o menos palmeadas, consideradas como los que poseen hojas verdaderas (Bailey, 1960; Blanco y Vegetti, 2004).

En el resto de las tribus de *Cactáceae*, *Opuntioideae* y *Cereeae*, las hojas verdaderas han desaparecido y solo quedan vestigios de éstas, ya que el limbo ha sido reducido a una escama, que en la tribu *Opuntieae* es caduca y en la *Cereeae* es microscópica, el peciolo se ha atrofiado y la base de la hoja se ha convertido en una pequeña protuberancia tuberculada, a la que se le llama podario. A veces los podarios se reúnen formando costillas y sobre cada una de ellas se sitúan las aréolas (Rivas, 1998).

Tubérculos

Son surcos longitudinales y protuberancias salientes que varían en forma, tamaño y consistencia, los hay casi esféricos, digitiformes, foliares, cónicos o prismáticos, triangulares, grandes, pequeños, suaves o de consistencia dura dependiendo de la especie (Barioglio, 2006).

Ostolaza (2011), indica que durante el desarrollo de la plántula, el meristemo de la yema cotiledonar apical, forma los podarios o tubérculos (base hipertrofiada de las hojas), que se ordenan en series espiraladas en forma acropetal, cuyo número filotaxico es de 5, 8, 13, 21 o 34. Así en las plantas ya desarrolladas, los tubérculos más viejos se encuentran en la base del tallo, en tanto que los de reciente formación están en el ápice. En la parte superior de estos órganos están las aréolas (Figura 2).



Figura 2. Tubérculos de *Mammillaria* tipo prismáticos.

Costillas

Señoret y Acosta (2013,) indican que las costillas provienen de los podarios de la yema apical de la plántula, que se ordenan en series ortóticas verticales y son crestas sobresalientes que surcan las plantas longitudinalmente o espiraladas. Las costillas hacen muy resistentes a los cactus a la fuerza de flexión y en ellas se presentan protuberancias llamadas mamilas o tubérculo (Figura 3).

El número de costillas es muy variable desde 2 como en *Epiphyllum*, hasta aprox. 100 como es el caso de *Echinofossulocactus multcostatus*. Por lo general, salvo en las plantas de pocas costillas, el número va aumentando con la edad, por lo que el tallo en su ápice presenta un mayor número de costillas que en su base. La forma también varía, existen costillas muy angostas y de arista aguda o anchas y de arista redonda como en *Echinocactus horizonthalonius*, a veces se tornan en espiral como en algunos ejemplares de *Astrophytum*. Cuando son de 2 a 5, altas, planas y delgadas, se denominan alas, como sucede en las especies de *Acanthocereus* y *Epiphyllum*(Arredondo, 2009).



Figura 3. a) Costilla en forma espiralada como en *Neolloydia conoidea*, b) costillas rectas de *Echinocereus reichenbachii*.

Aréolas

Las aréolas son los órganos más característicos de las cactáceas, estas forman hojas reducidas, flores, nuevos tallos y además espinas, gloquidas, cerdas y pelos y a veces raíces adventicias (Scheinvar *et al.*, 2011).

En casi todas las especies existe, al centro de las aréolas, un meristemo de crecimiento integrado por dos porciones, la abaxial o externa, que forma las espinas y la adaxial, que origina las flores. La abaxial entra primero en actividad, y ya que se han formado las espinas se activa la parte adaxial productora de flores (Anderson *et al.*, 2001).

En el género *Hamatacanthus* la región abaxial degenera una vez que las espinas se han formado y entra luego en actividad la región adaxial, la cual se alarga y formando un surco corto donde se producen las flores. En *Mammillaria*, las dos aréolas, florífera y espinífera, están separadas completamente desde su origen en dos meristemas areolares independientes debido a que existe un dimorfismo aréolas (Bravo y Sánchez, 1991)(Figura 4).



Figura 4. Aréola de *Mammillaria* en donde el meristemo florífero y espinífero están completamente separados, el primero en la axila del tubérculo y el segundo en el ápice del mismo.

Espinas

Las espinas son consideradas hojas modificadas; y aunque la homología entre las hojas y las espinas ha sido demostrada, tienen algunas diferencias estructurales como son la reducción de los parénquimas y la lignificación de los tegumentos (Bravo, 1978).

Las espinas se forman a expensas de los tejidos meristemáticos de las aréolas de la misma manera que las hojas; su crecimiento se debe a un meristema que existe en su base, y el endurecimiento a un proceso de lignificación. Las espinas aparecen en la aréola casi al mismo tiempo, pero sucesivamente acabando por presentar una disposición bilateral (Bravo, 1978).

Existen tres clases de espinas: las gruesas o defensivas, las suaves y las glandulares. Las primeras varían por su situación en la areola, así como por su forma, tamaño, consistencia, color y número: las formas más comunes son: setosa, acicular, subulada, cónica, cilíndrica, aplanada, recta, curva, retorcida, ganchuda, y plumosa; con superficie lisa, pruinosa o con estrías longitudinales o

transversales. Entre las espinas defensivas están comprendidas las gloquidas o “aguates”, son muy delgadas, pequeñas, rígidas y por lo común muy numerosas, poseen en el exterior células fusiformes que dejan en la superficie una porción libre, retrobarbada a la que se debe que cuando se tocan penetran en la piel fácilmente y se extraen con dificultad (Bravo, 1978) (Figura 5).



Figura 5. Espinas rectas en *Coryphantha pseudoechinus*.

En el grupo de las espinas suaves se consideran las cerdas largas y rígidas, así como los pelos largos. Existen además en las areolas otras formaciones como los tricomas, más delgados que las gloquidas y menos rígidos (Bravo, 1978).

A las espinas de las cactáceas se le atribuyen varias funciones; defender a la planta de la acción destructora de los animales, protegerla de los rayos del sol por medio de la sombra que proyecta sobre el tallo, impedir, junto con la masa de pelos lanosos, la excesiva transpiración y condensar el agua atmosférica que a veces puede penetrar a los parénquimas. Las espinas también aunque indirectamente pueden contribuir en algunos casos a la propagación de la especie, pues los animales transportan las ramas o frutos que se les adhieren al pelambre (Bravo, 1978) (Figura 6).

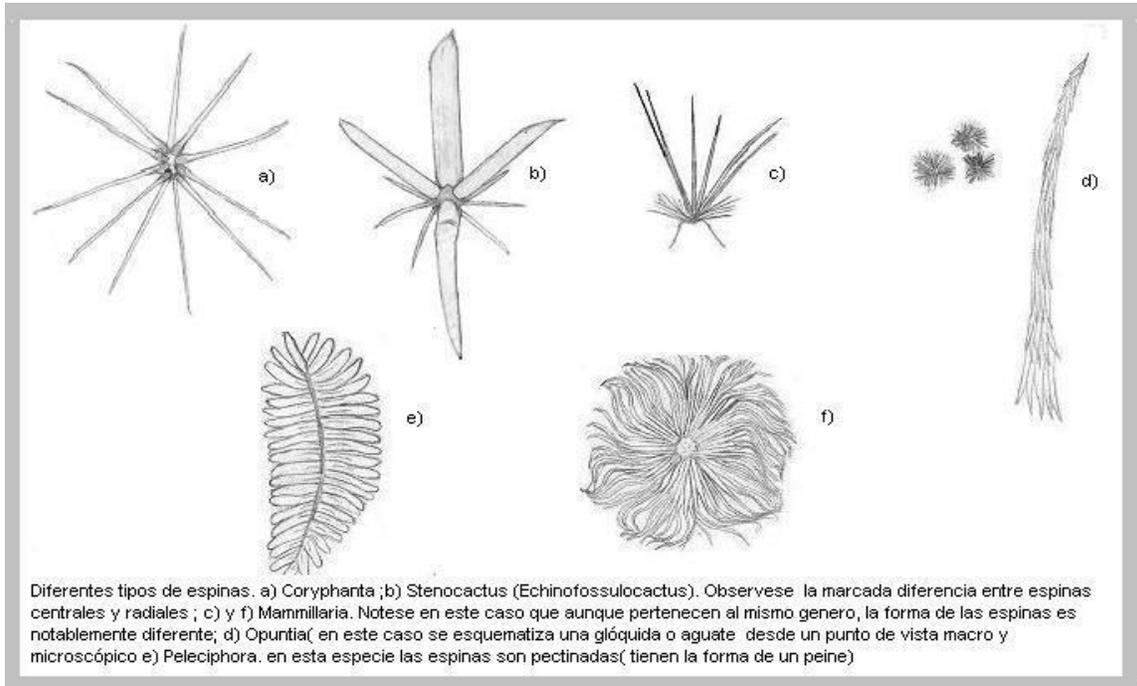


Figura 6. Tipo de espinas en *cactáceas*.

Las espinas varían en tamaño y pueden ser muy largas, de más de 20 cm. (*Neoraimondia arequipensis subsp. roseiflora*, *Corryocactus brevistylus*) o muy pequeñas (*Echinopsis pachanoi*). Pueden ser cilíndricas, cónicas, rectas, aplanadas, curvas, en gancho o cubiertas por una funda (*Opuntia tunicata*) y hay una indudable influencia de la luz y de las condiciones de cultivo en el tamaño de las espinas. En el caso de *Haageocereus tenuis* y *Haageocereus lanugispinus*, son especies que han desarrollado pelos en la superficie de las espinas para retener mejor la brisa marina, el rocío o la neblina y orientarla a las raíces. Se pensó que las espinas podían conducir el agua al interior de los cactus, pero no es así porque son sólidas, no son huecas y no hay forma de que esto suceda (Ostolaza, 2011).

Glándulas

Las glándulas homologas a las espinas son frecuentes en algunos géneros como *Ancistrocactus*, *Hamatocactus*, *Thelocactus*, *Toumeyia* y *Coryphantha*. Se desarrollan en número variable de 1 a 7, en la región adaxial del

meristemavegetativo areolar inmediatamente después de las espinas, miden más o menos 0.5 mm de diámetro y a veces tienen una coloración rojiza o amarillenta. En las glándulas se pueden distinguir dos partes: la basal, en ocasiones algo alargada en forma de pedúnculo corto donde se perciben a veces algunos vasos, y la apical que es la glandular propiamente dicha (Bravo, 1978) (Figura 7).



Figura 7. Glándulas de *Hamatacanthus*

Tallo

En general son ramificados, o bien reducidos a una sola rama o artículo, y su altura, consistencia, tipo de ramificación y hábito ecológico son muy variables (Rivas, 1998).

La estructura histológica del tallo en las cactáceas es semejante, en lo general, a la de las demás dicotiledóneas, pero tiene algunas modalidades propias de las plantas suculentas (Bravo, 1978).

El sistema tegumentario está constituido por tejidos epidérmicos y peridérmicos. Las membranas de las células epidérmicas que se encuentran en contacto con el medio externo, se hallan revestidas de una gruesa película de cutina que impide la evaporación del agua y proporciona resistencia a las células, sobre ella, por excreción, se deposita algunas veces un revestimiento ceroso en forma de escamas diminutas o de gránulos muy finos. Las células epidérmicas de algunos

géneros tienen formas de papilas cónicas o de pelos; estas formaciones dan cierta protección a la epidermis, ya sea reflejando los rayos del sol, o bien proporcionándole alguna sombra(Bravo, 1978).

Debajo del sistema tegumentario está el tejido colenquimatoso que da consistencia y solidez del tallo; en los tallos blandos como los de los *Echinocereus*, tal tejido esta poco desarrollado o no existe, en tanto que en *Astrophytum* forma un verdadero exoesqueleto(Bravo, 1978).

Los estomas en las cactáceas están más o menos hundidos y su número es más escaso en relación con el de las especies no xerofitas, el hundimiento determina la formación de espacios aéreos que se saturan de vapor de agua, lo que permite que la transpiración disminuya. La cámara subestomática es muy larga, particularmente en aquellas especies de opuntia donde hay una gruesa zona colenquimatosa(Bravo, 1978).

Inmediatamente abajo del sistema tegumentario o del tejido colenquimatoso, cuando existe, está el parénquima en empalizada o clorofiliano, semejante al de las hojas, pues está formado por varias capas de células prismáticas, grandes y alargadas, e paredes delgadas y con abundantes cloroplastos; este tejido es muy importante porque, careciendo la mayoría de las cactáceas de del limbo de las hojas, en él se efectúa la fotosíntesis. Debajo se encuentra el parénquima colector que forma una zona bastante amplia, con células grandes, esferoidales, turgentes por la gran cantidad de agua y diversos polisacáridos que almacenan; a este tejido se deben las formas suculentas de las cactáceas(Bravo, 1978).

La parte central del tallo está ocupada por la medula. Tejido que forma una columna central cuyo diámetro varía con la edad y de acuerdo con las características de los distintos géneros. En este tejido, como se ha indicado, suelen encontrarse algunos haces vasculares (Bravo, 1978).

Inflorescencias y Cefalios

En las cactáceas las inflorescencias han sufrido gran reducción, posiblemente como resultado de la adaptación al medio seco, el proceso de reducción le ha hecho desaparecer, de manera que cada aréola florífera origina solamente una flor que aparece generalmente en las aréolas jóvenes de la zona terminal de los tallos, solo en algunas especies puede presentarse a lo largo de las aréolas de todo el tallo, o como en determinadas mamilarias, en las partes viejas del mismo; en otros géneros solo excepcionalmente se forma en las aréolas viejas (Bravo, 1978).

Los cefalios son aquellas regiones floríferas pilosas cuyas aréolas se modifican de tal manera que no continúan sus funciones vegetativas. Tanto los pseudocefalios como los cefalios pueden ser apicales o laterales (Hernández, 1988).

Flor

Arredondo (2010) menciona que las *Cactáceas* han sido reconocidas como un grupo cuyas flores se encuentran fuertemente asociadas con la polinización por animales, como abejas, colibríes, polillas y murciélagos. Las flores poseen órganos masculinos (estambre) y femeninos (pistilo), excepto en *Mammillaria dioica* y alguna *Opuntia*. Las flores de las *Cactáceas* tienen ovario ínfero, es decir el fruto queda por debajo de la inserción de los tépalos y estambres de la flor.

La mayoría de las especies de esta familia presentan un sistema de reproducción hermafrodita, con flores perfectas que presentan tanto estambres como carpelos, lo que hace muy probable la autopolinización (Autogamia o directa donde el polen que se produce en los estambres de la flor, cae en el estigma de esa misma flor) (Arredondo, 2010).

El desarrollo de la flor se inicia por una yema axial que está protegida por escamas dispuestas en espiral y que se produce en el ápice de los tallos o lateralmente. Pronto se diferencian tres zonas meristemáticas: 1) la externa, que producirá órganos foliares; 2) hacia el centro y rodeando a la primera, la que producirá los estambres y 3) la central, que origina los primordios de los carpelos y

se hunde formando el hipanto. La primera y segunda forman el meristema circular, el cual se eleva dando origen al receptáculo (Bravo, 1978) (Figura 8).

Debajo de la zona pedicelar suele haber, en algunos géneros, una zona caulinar que es un tallo muy corto provisto de aréolas pilosas o serosas. Tanto la zona pedicelar como la pericarpelar llevan podarios tuberculados con o sin aréolas pilosas. El tubo receptacular al crecer, va produciendo podarios que se desplazan hacia abajo; entre ellos quedan entrenudos cuya actividad influye en su alargamiento debido a un crecimiento intercalar. Los podarios del tubo receptacular al principio son tuberculados, pero después se alargan haciéndose decurrentes al crecer el tubo; en su punta llevan escamas que, en los podarios subsiguientes hacia el ápice, aumentan de tamaño y entran en transición con los segmentos del perianto. Las aréolas axilares de las escamas del tubo pueden desarrollar según los géneros lana, pelos, cerdas y espinas o permanecer desnudas (Bravo, 1978).

El perianto es el conjunto de hojas florales que protegen a los estambres y al pistilo, en las cactáceas las hojas florales o tépalos se encuentran dispuestas en una serie espiralada que forma transición con las escamas o brácteas del receptáculo, originándose tempranamente en la periferia del meristema receptacular, es sucesión centrifuga. Estos tépalos, o segmentos del perianto tienen formas muy diversas; romboidal, oblonga, lanceolada, ovalada etc., con el ápice obtuso, retuso o truncado (Bravo, 1978).

El androceo es el conjunto de estambres, están integrados por el filamento y la antera que produce polen; se forman tempranamente en el meristema floral del receptáculo. En géneros cuyo receptáculo crece formando un tubo, los estambres quedan insertos en la pared interior, siendo los situados más profundamente los primeros en formarse, por lo que se llaman primarios (Bravo, 1978).

Los granos de polen formados en las anteras se ven en conjunto cuando salen de ellas, como un polvo fino. Cada grano contiene el gameto fecundante masculino que, como el femenino, consta de 11 cromosomas y dos envolturas que la

protegen: la intina en contacto con ella y la extina situada en la parte externa; esta segunda envoltura posee poros, surcos, de formas diversas, que proporcionan una ornamentación variada y favorecen su adherencia a los estigmas durante la polinización (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 9).

El gineceo es el conjunto de hojas carpelares que al unirse, integran el ovario, el estilo y los estigmas. Los carpelos se originan en el meristemo central del receptáculo que en la mayoría de las cactáceas, se hunde formando el hipanto. En esta cavidad queda alojado el ovario, órgano que produce los óvulos llamados propiamente rudimentos seminales o sean los primordios de las semillas. La región del hipanto que rodea al ovario constituye el pericarpelo. Los óvulos se forman en las placentas, tejido desarrollado en los bordes de las hojas carpelares (Arredondo, 2010).

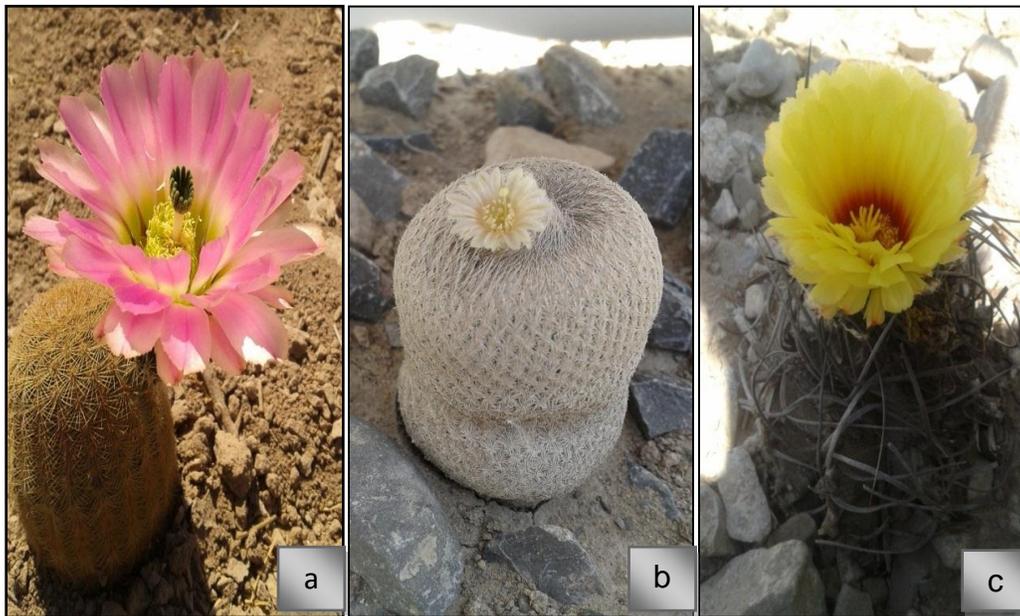


Figura 8. Se aprecia la flor de a) *Echinocereus pectinatus*, b) *Epithelantha micromeris* y c) *Astrophytum capricorne*.

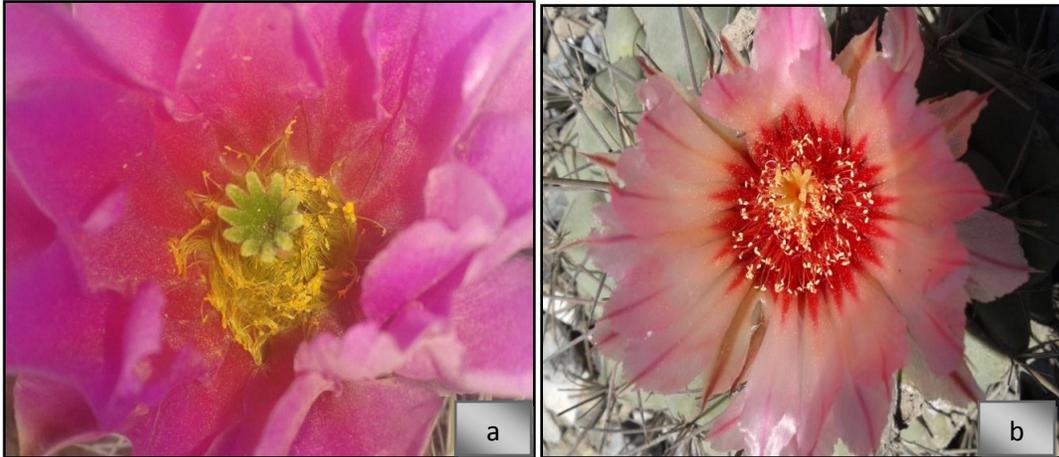


Figura 9. a) Se observa el polen en un *Echinocereus stramineus*, b) se aprecian los estambres en una flor de *Coryphantha poselgeriana*.

Fruto

El fruto de las cactáceas es un fruto complejo, pues en su estructura intervienen no solo el ovario, sino también los órganos en que está incluido: el tejido medular del eje y el cortical o pericarpio. Son muy variados en su forma, tamaño y color. Su anatomía depende del grado de desarrollo o reducción de los órganos del pericarpio, como son: los podarlos las escamas y las aréolas con su producción o no de lana, cerdas y espinas y en ciertos géneros hojas más o menos desarrolladas(Pacheco, 1997) (Figura 10).



Figura 10. Se observa el fruto de *Mammillaria pottsii* conocido como chilitos.

Hábitat de las cactáceas

Los matorrales xerófilos constituyen la vegetación típica en la que se desarrollan las cactáceas, Destacan por su abundancia en los matorrales desérticos micrófilos, rosetófilos, y el submontano. También como hábitat de Cactáceas se encuentran los bosques templados; incluyendo el de *Pinus*, *Quercus* y *Abies* (Challenger y Soberón,2008).

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, los climas en que se desarrollan las Cactáceas corresponden en un 78% a los climas del grupo de los secos. Se distinguen los semisecos templados (BS1kw(w), seguidos por los secos semicálidos (BSOhw) y los semisecos semicálidos (BS1hw) (González, 2004).

El metabolismo de las cactáceas está adaptado a condiciones climáticas extremas; sin embargo, existen diferentes factores que influyen en el desarrollo de las mismas, es decir, algunas de las especies crecen bajo plantas nodrizas que le brindan al individuo un microclima adecuado que le permite su buen desarrollo, o bien bajo elementos edafológicos que evitan la exposición severa al sol, otro factor es la inclinación o pendiente que tenían en su hábitat, lo cual hace que el periodo de exposición a los rayos solares fuera menor(Bravo, 1978)(Figura 11).



Figura 11. *Especies* creciendo bajo arbustos en su hábitat natural.

Tipos de minería

Los minerales constituyen el elemento base de la mayoría de las industrias. Esta actividad tiene importantes repercusiones económicas, ambientales, laborales y sociales. Para muchos países en desarrollo la minería representa una parte significativa del PIB. El impacto de la minería sobre el medio ambiente puede ser considerable y tener consecuencias a largo plazo, hay muchos ejemplos de buenas y malas prácticas en la gestión y rehabilitación de áreas mineras. La minería es una industria que produce alteraciones a los suelos, al agua y a otros ecosistemas debido a que debe deforestar, excavar, extraer y transportar materiales, entre otras actividades cambiando las condiciones naturales del paisaje y las condiciones económicas y sociales de la zona de explotación (Herbert, 2008; Bagarroza *et al.*, 1998).

Existen dos tipos principales de minería, a cielo abierto y minería subterránea, el método elegido de explotación viene determinado por un conjunto de factores tales como la localización, geometría, morfología, profundidad, economía, requerimientos medioambientales y del tamaño de la mina, el proyecto conlleva una diferente capacidad de extracción de mineral y de generación de residuos. La composición de estos también puede cambiar según el método minero empleado (Díaz *et al.*, 2009)

La minería a cielo abierto genera cambios importantes en la fisiografía del terreno, y sobre el sistema natural de drenaje. La estructura geológica es también modificada irreversiblemente, aun cuando sea posible reconstruir las formas primitivas o se generen nuevas formas estables semejantes a las originales. El ambiente biológico es completamente destruido, o tremendamente transformado, por lo menos mientras se realizan labores mineras (Bagarroza *et al.*, 1998).

La explotación más utilizada generalmente consiste en la formación de frentes de cantera por bancadas. En el procedimiento se procede frecuentemente en una

división del yacimiento en varios frentes, por bancadas, terrazas o niveles de explotación (Labahn y Kohlhaas, 1985).

Etapas de explotación

1. Desarrollo: en esta etapa se pone en marcha el proyecto minero que ha sido declarado factible para su explotación: comprende el diseño minero-ambiental en el que se definen métodos, clases de explotación, infraestructura necesaria y acciones de manejo ambiental y de uso posterior de la cantera. En esta etapa se inician las labores de preparación del terreno para facilitar la extracción minera (Bagarroza *et al.*, 1998).
2. Producción: se realiza el destape que permite retirar todo el material de sobrecarga y dejar el material útil, listo para que sea explotado. Arranque, consiste en caso de rocas duras, proceder a la perforación de bancos descendentes con la ayuda de máquinas de perforación y proceder a la voladura con uso de explosivos y en el caso de rocas suaves, se realiza de manera directa con la ayuda de excavadoras que disgregan las rocas para luego llevarlo a la trituradora. Los métodos de explotación, pueden ser único con pti, pit con bancos descendientes, pit con corte encajante, bancos escalonados descendientes y ascendentes. Las características de los bancos explotados, son la altura, ancho, ángulo de la cara del banco, talud del trabajo y talud final. Bermas y profundidad máxima, estabilización de taludes con drenajes, zanjas de coronación disipadores de energía, muros de contención, revegetación. Actividades de restauración y reconfiguración para el uso posterior de la cantera. Labores de beneficio y transformación, lavado de materiales, disposición y manejo (Bagarroza *et al.*, 1998).
3. Cierre: en esta etapa se concluyen las actividades de extracción de los materiales y continúa con el plan de rehabilitación definido desde la fase de exploración y explotación (Bagarroza *et al.*, 1998).

Explotación de canteras en la planta de Cementos Holcim

La explotación de la cantera en Ramos Arizpe es a cielo abierto y el minado se realiza de arriba hacia abajo a fin de mantener una cantera estable. Debido al fuerte fracturamiento de la roca, se usa un talud general máximo de 50° con respecto a la horizontal.

Al avanzar los frentes de explotación, primero se delimita el área de trabajo con brechas, luego se realiza el desmonte de forma manual y después se hace el despalme con un tractor de oruga, y/o moto niveladora, tratando de separar el suelo vegetal que se almacena para utilizarlo posteriormente.

La extracción comienza con la remoción de roca utilizando excavadoras cuando el material es blando, o también, el terreno se perfora a diferentes profundidades a fin de obtener bancos horizontales. Los barrenos resultantes son cargados con explosivos y detonados en secuencia, minimizando el ruido y vibraciones del terreno durante las voladuras. Los iniciadores utilizados son hechos de tubo de choque, dado que producen menos efectos negativos a consecuencia del ruido.

El material fragmentado se remueve y carga con excavadoras, posteriormente se transporta mediante camiones de 14 m³ de capacidad. En el caso de Cantera Grava Alta, la distancia hasta la trituradora no excede de 700 m, el material es pre-molido y transportado a lo largo de 1.6 Km. por una serie de bandas, para posteriormente ser depositado en un almacén intermedio.

El acarreo de material en Cantera Grava Baja – Lutita y Cantera de Lutita las distancia al almacén de materiales, es de 500 m y 2.6 Km. respectivamente. Durante el acarreo, los caminos se riegan con aguas residuales con objeto de evitar la emisión de polvos (Información recopilada del Plan de rehabilitación de canteras de la empresa).

Al diseñar las canteras, se consideran los siguientes parámetros:

Parámetros de diseño de las canteras	
Ancho de la berma de los bancos	De 6 a 12 m
Radio mínimo de curvatura	40 m
Radio máximo de curvatura	70 m
Bordo de protección	2 m
Cuneta	1 m
Peralte	2%
Pendiente	8% a 12%
Altura de bancos en explotación	8 a 12 m
Altura de bancos en exp. lutita	8.5 a 17 m
Angulo de banco	70% lutita 85°
Altura de bancos en abandono	8.5 a 17 m
Ángulo máximo del talud general	48° a 60°

Rehabilitación de canteras

Para evitar afectaciones severas tanto a la flora como a la fauna, dentro de los planes de minado se contemplan previo al inicio de explotación trabajos en campo que nos ayudan a identificar las especies que, de acuerdo a la legislación y a los criterios establecidos por el grupo, son rescatadas y reubicadas en la zona de rescate, garantizando con ello la supervivencia de las mismas.

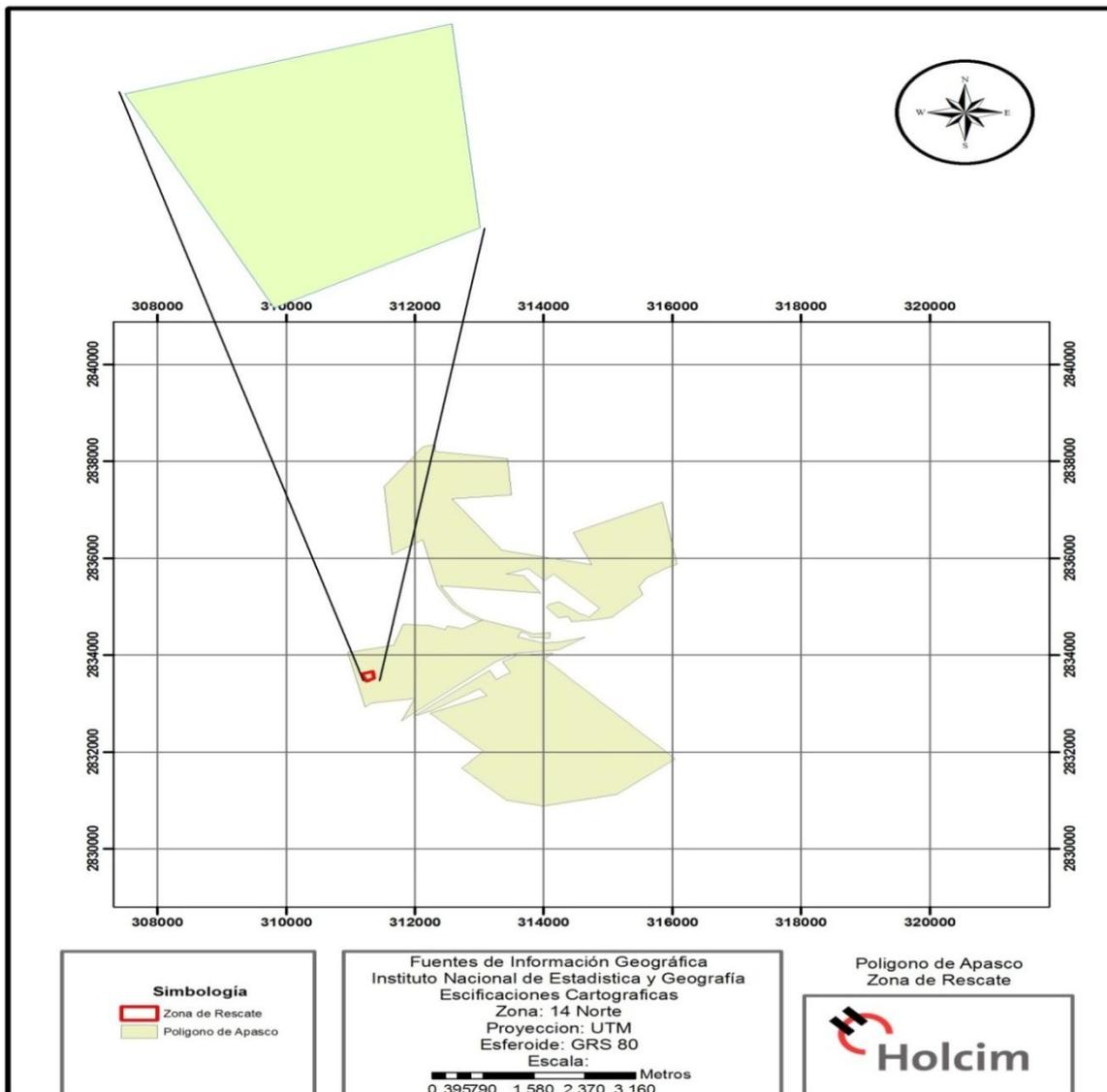
Al terminar la vida útil de las áreas en explotación, se programan tiempos y espacios para su rehabilitación, esta medida es una estrategia ambiental que contempla únicamente la utilización de especies nativas y tolerantes a condiciones ambientales marginales, donde el objetivo principal es restituir el ecosistema perturbado a un estado lo más próximo a su condición natural. Por lo que no solo se trata de rescatar especies, sino de recuperar las interacciones y

procesos ecológicos, donde las especies están relacionadas entre sí y con el medio abiótico(Información recopilada del Plan de rehabilitación de canteras de la empresa).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La zona de rescate se localiza al lado Oeste dentro de la empresa de Cementos Holcim ubicada a 25 kilómetros al norte de la Ciudad de Ramos Arizpe. Coahuila, sobre la carretera Saltillo – Monterrey, la cual atraviesa por la parte central del predio de la empresa. Se ubica en las coordenadas UTM coordenadas E 311254 y N 2833459, dentro del parque industrial Ramos Arizpe.



Mapa 1. Localización del área de estudio

Clima

Según la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García, la región tiene un clima que corresponde a muy seco o desértico semi-cálido con invierno fresco.

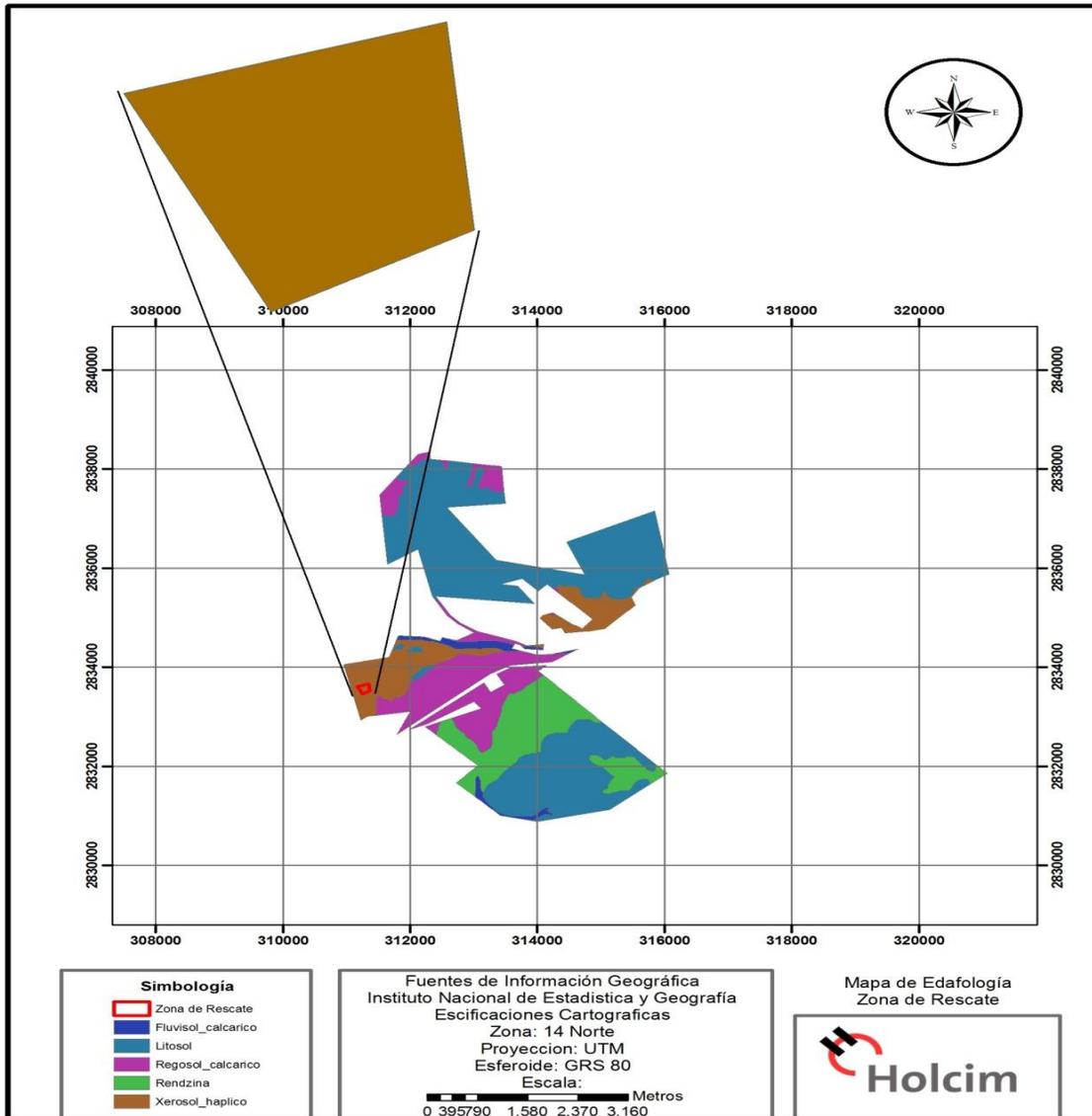
La temperatura media anual oscila entre 18 y 22 °C, el periodo más frío comprende los meses de noviembre y febrero con un promedio de temperaturas mínimas de 4°C; las temperaturas máximas se presentan durante los meses de mayo, junio y julio, con un promedio de 31°C.

El régimen de lluvia es intermedio entre verano e invierno variando la precipitación entre 236 mm y 332 mm anuales; la mayor parte de la lluvia ocurre en verano y principios de otoño, siendo septiembre el mes más lluvioso.

Se presentan heladas durante los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre y enero los de mayor incidencia, no obstante pueden presentar heladas tardías en abril. Las posibilidades de granizo son mínimas; sin embargo, se acrecientan durante abril a junio, cuando la mayor parte del tiempo el cielo se encuentra despejado, generándose con ello una incidencia de radiación solar aprovechable.

Suelo

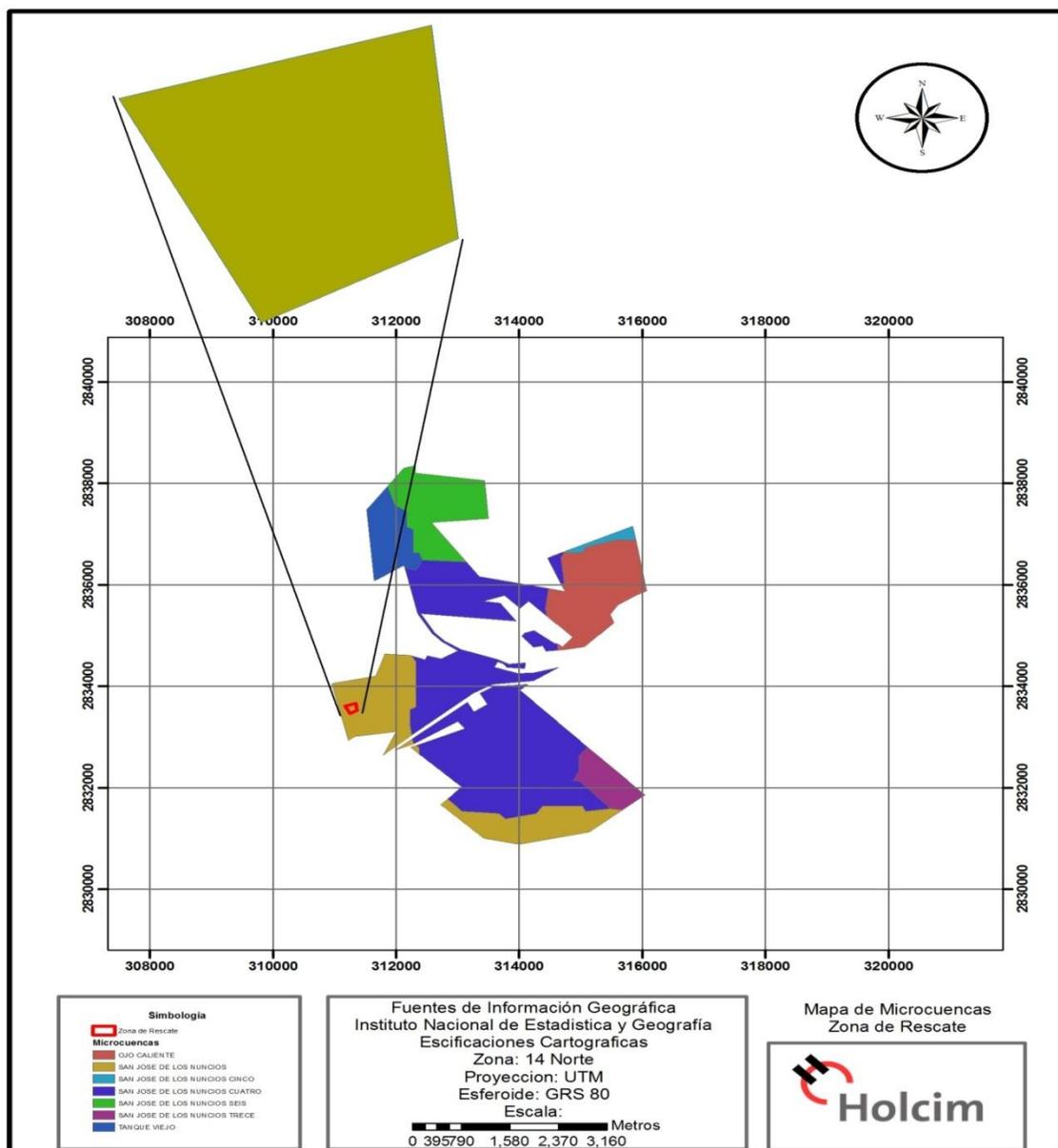
La zona de rescate presenta un tipo de suelo xerosol haplico (Xh); con un horizonte A calcarico y un B cámbico, tiene un color rojo claro o gris claro en el primer horizonte y rojo fuerte en el segundo, la textura varía de migajón arcilloso a limoso dominando la primera, ha formado estructura de bloques sub-angulares de tamaño medio, pHes neutro o ligeramente alcalino, su saturación de bases es mayor de 50%, el contenido de nutrientes es bajo (Alvarado *et al.*, 1989).



Mapa 2. Edafología de la zona de rescate.

Hidrología

El predio forma parte de la región hidrológica RH-24, dominada Río Bravo, pertenece al vértice del Golfo. La zona de rescate atraviesa por la micro cuenca san José de los Nuncios.

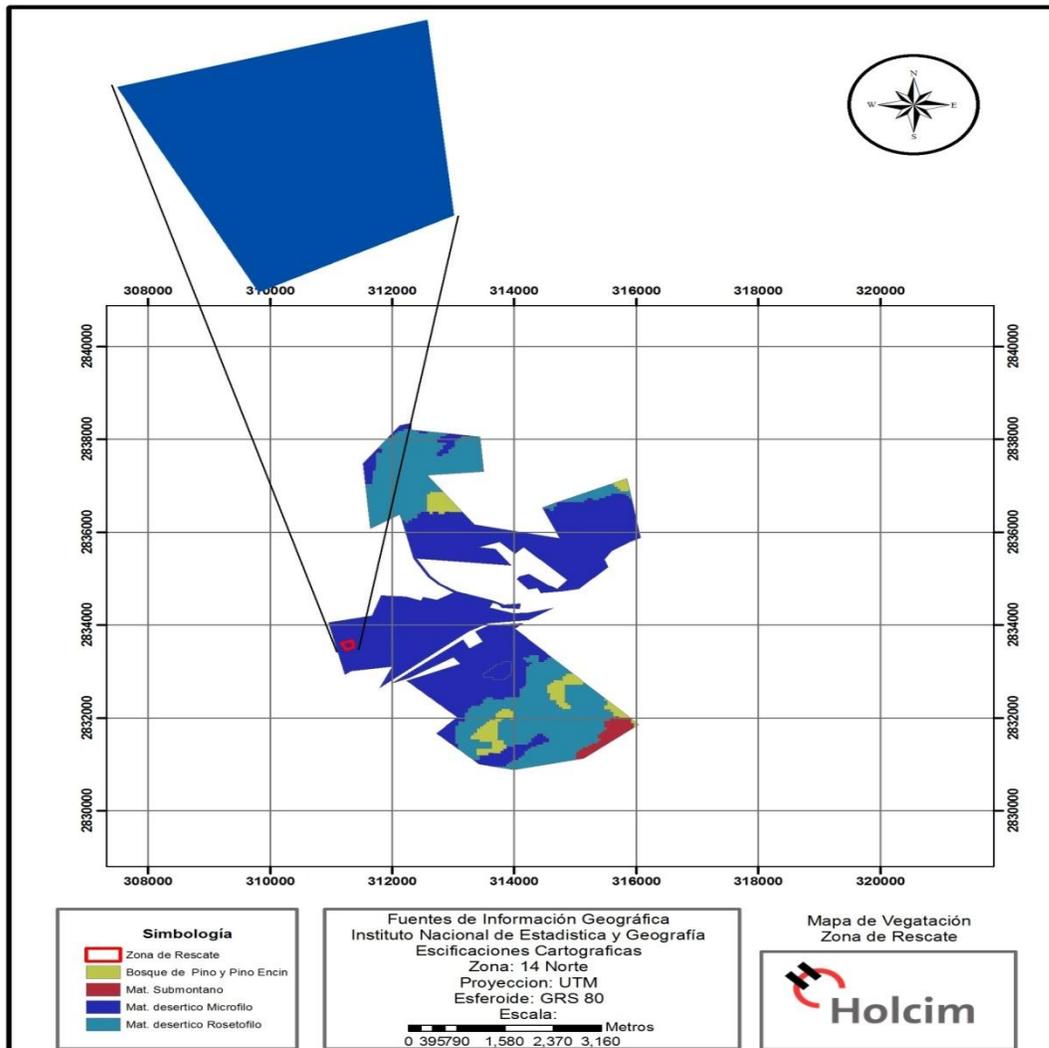


Mapa 3. Micro cuencas dentro del predio de Cementos Holcim planta Ramos Arizpe, Coahuila.

Vegetación

El predio se localiza en el Desierto Chihuahuense, uno de los desiertos biológicamente más diversos y ricos del mundo, con una extensión aproximada de 630,000 km², el cual se extiende desde el altiplano Mexicano hasta el sureste de Arizona, atravesando Nuevo México y el oeste de Texas con las montañas

rocallosas y con la Sierra Madre Oriental y Occidental como sus flancos. En el predio se desarrollan distintos tipos de vegetación; matorral submontano, matorral desértico rosetófilo y matorral desértico micrófilo que es el que ocupa más del 60 % de la superficie del desierto Chihuahuense, la zona de rescate se ubica dentro de este último, se caracteriza por Vegetación arbustiva de hojas pequeñas(Información recopilada del estudio de biodiversidad de Holcim).



Mapa 4. Tipo de vegetación en la zona de rescate.

Procedimiento del inventario

Inicialmente se realizaron monitoreos constantes en la zona de rescate para definir los principales problemas que afectan las sobrevivencia de las plantas, en dichos

monitoreos se evaluaron variables como la adaptación, sobrevivencia, crecimiento y reproducción de las plantas; Para medir estas variables se realizaron inspecciones visuales (presencia de coloración a causa de estrés y órganos muertos) y conteos de las especies que se encuentran en la zona de rescate, los cuales se compararon con inventarios anteriores, los resultados indicaron que las plantas presentaron variados índices de sobrevivencia; por ejemplo, para el caso de *Coryphantha radians*, el índice de sobrevivencia es de 52%, mientras que para el caso de *Thelocactus rinconensis* y *Echinocactus horizonthalonius* el índice de sobrevivencia es de 87 y 85% respectivamente; sin embargo, algunos individuos presentan daños en su morfología por las condiciones del área en que se encuentran (Figura 12).

Las plantas pueden presentar problemas de sobrevivencia por el cambio de orientación referente al sol en el trasplante a la zona de rescate, la altitud, humedad, temperatura, tipo de suelo, radiación solar, drenaje del suelo, pendiente, plagas y enfermedades, etc.

Los principales problemas que se presentan en la zona de rescate que afectan a la adaptación de la planta, son el exceso de radiación solar, tipo y drenaje del suelo, plagas y enfermedades, el tipo de riego y altitud(Figura 13).

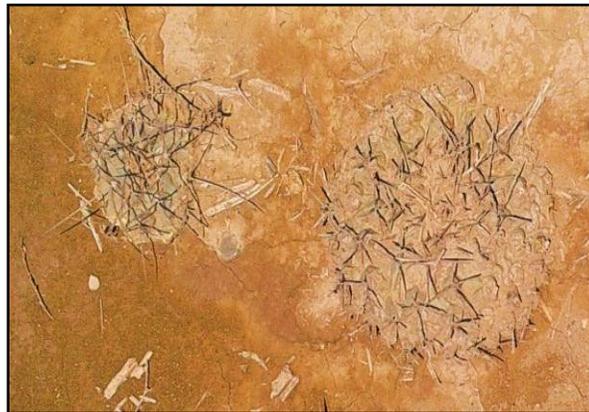


Figura 12. *Thelocactus rinconensis* afectada por la radiación solar en la zona de rescate.



Figura 13. Problemas de drenaje en suelo de la zona de rescate de cactáceas.

Diseño experimental

Para las parcelas experimentales, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar considerando seis tipos de parcelas experimentales. En cada parcela se evaluó el porcentaje de sobrevivencia (%) por especie y por parcela experimental. Considerando diferentes repeticiones dependiendo del número total de plantas establecidas por especie en cada parcela.

En cada parcela se realizó la evaluación del porcentaje de sobrevivencia (%) por especie y por parcela experimental, realizando cinco monitoreos cada dos meses.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico SAS (2006) y a una prueba de rango múltiple Tukey ($P \leq 0.05$), con una probabilidad del 95% ($P \leq 0.05$).

Tratamientos en las parcelas experimentales

Se realizaron seis parcelas experimentales de 10 metros de ancho por 25 metros de largo, las cuales cuentan con las siguientes características:

Parcela experimental	Características
1	½ de tierra, ¼ de grava y ¼ de sirre de caprino con malla-sombra.
2	½ de tierra, ¼ de grava y ¼ de leonardita (humus volcánico) con malla sombra.
3	Tierra extraída de la zona donde se realizó la extracción con malla sombra.
4	½ de tierra, ¼ de grava y ¼ de sirre de caprino
5	½ de tierra, ¼ de grava y ¼ de leonardita (humus volcánico).
6	Tierra extraída de la zona donde se realizó la extracción

Características del establecimiento de las parcelas experimentales

Ya identificado el lugar donde se ubicarían las parcelas, se marcaron los puntos limitantes de cada una de estas, posteriormente, con la ayuda de un tractor, se barbecharon las seis parcelas con la finalidad de aflojar la tierra y combinarla más fácilmente con los sustratos correspondientes (Figura 14).



Figura 14.- barbecho de la zona donde estarán las parcelas experimentales.

En la primer y cuarta parcela se le combinaron 12 m^3 de sirre (un camión de volteo), 12 m^3 de grava y 24 m^3 de tierra, en la segunda y quinta parcela se le combinaron 12 m^3 de leonardita, 12 m^3 de grava y 24 m^3 de tierra, en la tercera y sexta parcela se adecuaron 48 m^3 de tierra extraída de la zona donde se realizó la extracción de las cactáceas (Figura 15).



Figura 15.- descarga de sirre y leonardita respectivamente.

La combinación de los diferentes sustratos se realizó con la ayuda de herramienta convencional como rastrillos, palas, azadones, carretillas, etc.

El procedimiento fue: distribuir los sustratos a lo largo de toda la parcela, tratando de que quedara lo más uniformemente posible, ya dispersados los sustratos correspondientes, estos se combinaron con la ayuda de un tractor, a excepción de las parcelas que solo incluían tierra de la zona de la extracción de las especies (Figuras 16 y 17).



Figura 16-. Distribución de los materiales correspondientes para cada parcela.

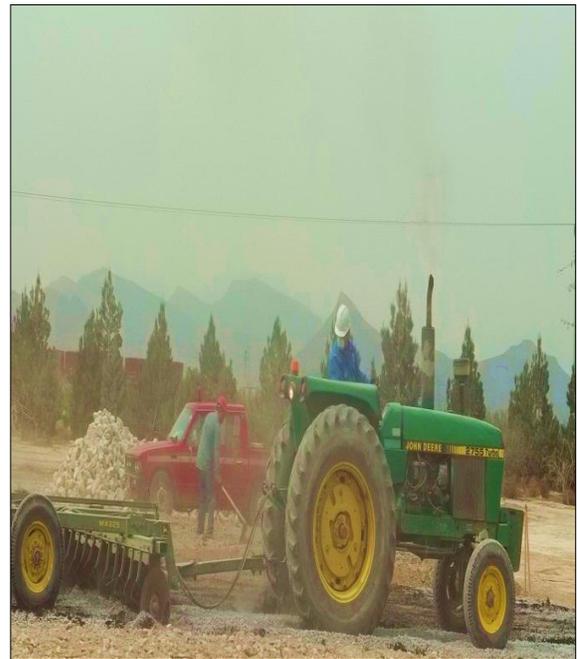
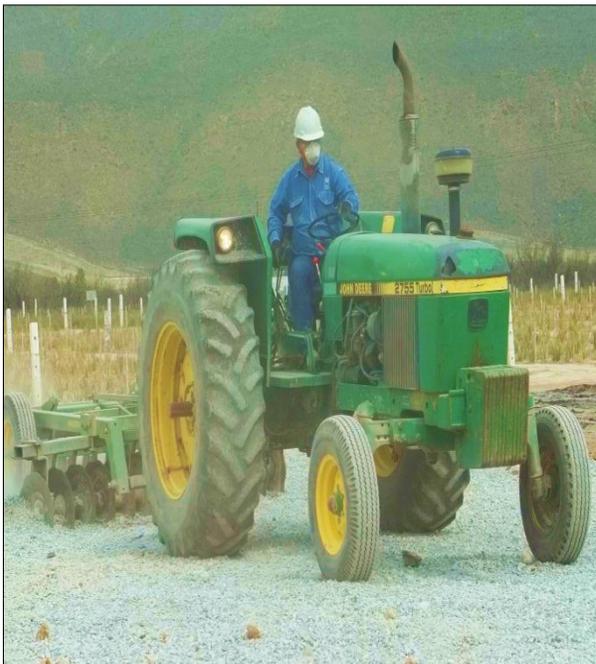


Figura 17-. Combinación de los materiales con la tierra de la zona a una profundidad de 20 centímetros.

Ya preparadas las parcelas, en cada se elaboraron de 11-12 camas de 20 centímetros de altura, por 30 centímetros de ancho, separadas de un aproximado de 40 centímetros. Después se les instalaron postes alrededor de la parcela para sostener la malla gallinera la cual protegerá a las plantas de los diferentes tipos de roedores. Solo a las parcelas 1, 2 y 3 se les instaló malla sombra, la cual esta sostenida por 10 tubos, 5 a cada lado a una distancia de 6.25 m (Figuras 18, 19 y 20).



Figura 18-. Elaboración de las camas para el trasplante de las cactáceas y lechuguilla.



Figura 19-. Instalación de malla gallinera. Figura 20-.parcela número dos ya terminada.

Trasplante y extracción de especies

Ya instaladas las parcelas, se procedió a realizar la extracción y el trasplante de los ejemplares. En el siguiente cuadro se muestran las fechas de la extracción de las cactáceas y los días de trasplante en las parcelas experimentales que se analizaron en este trabajo (los trasplantes en las parcelas establecidas los años 2010, 2011 y 2012, no se tienen registros confiables de las extracciones ya que se tienen mal identificadas las especies, por lo que no se analizaron en el diseño experimental de esta investigación).

Actividades	Parcelas					
	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis
Extracción (2013)	Once al trece de febrero	Uno al tres de marzo	Ocho al diez de marzo	Quince a diecisiete de marzo	Quince a diecisiete de marzo	Veintidós a veinticuatro de marzo
Trasplante (2013)	Quince de marzo	Cinco de marzo	Once de marzo	Diecinueve de marzo	Diecinueve de marzo	Veinticinco de marzo

La extracción de los ejemplares de cactáceas fueron de todos los tamaños y no presentaban síntomas de estrés, la actividad se realizó de dos lugares dentro del predio por diferentes razones, el primer punto al lado poniente de cantera grava alta debido a que en los próximos años se extraerá materia de esta zona y el segundo al norte de la comunidad de san Gregorio dañado por problemas de sobrepastoreo. El número de los ejemplares de cada especie que fueron extraídos se mencionan en el cuadro número tres.

El parámetro que se utilizó para saber la medida adecuada en la que se debía remover la tierra, fue la de tomar una distancia equivalente al diámetro de la planta, esto para no dañar la raíz y así evitar daños que afecten su sobrevivencia después del trasplante; ya extraídas, los ejemplares de cactáceas eran llevadas a la camioneta en cubetas, ya en la camioneta se acomodaban y separaban en cajas de acuerdo a la especie para evitar posibles daños entre los mismos con sus espinas, después se transportaban a un área con sombra donde permanecieron de dos a tres días para el secado de su raíz, este paso es muy importante ya que en este lapso de tiempo ocurrieron dos procesos importantes: las plantas pudieron cicatrizar las posibles heridas que se les causo mediante la extracción y transporte; y se provocó un estrés en la raíz para que al trasplantarse y después regarse, logaran tener un anclaje más rápido al suelo (Figuras 21, 22 y 23).



Figura 21-. Extracción de cactáceas.

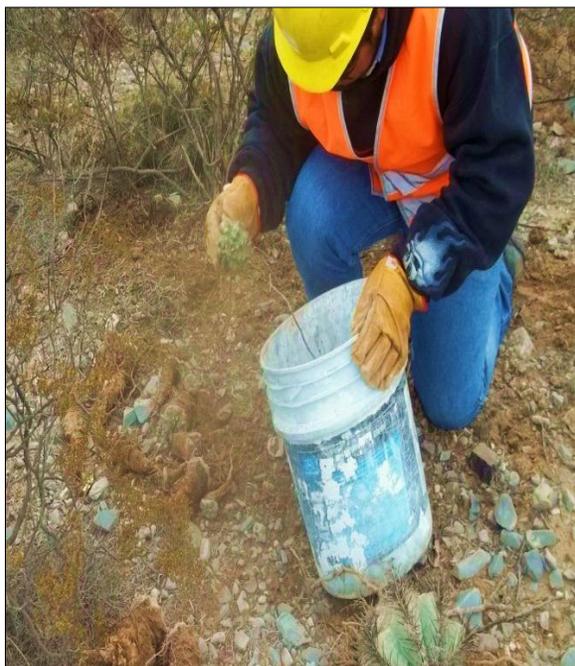


Figura 22-. Transporte de cactáceas (lugar de extracción-camioneta-CECAF).



Figura 23-. Secado de cactáceas durante 2-3 días para su cicatrización de heridas causadas durante la extracción o trasplante.

Manejo curatorial

Ya que se dejaron secar las plantas, antes de iniciar el trasplante, se les aplicó una dosis de 2g de tecto 60 (fungicida sistémico) diluidos en 5 lts de agua, para eliminar cualquier tipo de hongos que pudieran atacar a la planta. Para realizar el trasplante, se hicieron bloques de 70 centímetros donde en cada bloque fueron combinadas al azar cactáceas de diferentes especies, esto con la finalidad de tener variedad genética en la parcela y así evitar la propagación de plagas si estas atacaran a una especie. En medio de cada bloque se dejó una distancia de treinta centímetros donde se trasplantó una lechuguilla en cada espacio. Las camas en las orillas de cada parcela, solo fueron plantados *Agave lechuguilla*, la cual tiene la función de minimizar daños por aireación y proteger contra posibles roedores (liebres) (Figuras 24, 25 y 26).



Figura 24-. Trasplante de cactáceas en la parcela uno.



Figura 25-. Combinación de cactáceas en los bloques.



Figura 26.-bloques de cactáceas divididos por una lechuguilla cada uno.

Riego

Ya que se terminaba el trasplante, a las plantas de cada parcela se le aplicaba un riego al siguiente día para que la raíz presentara un buen anclaje, después del primer riego se dejaban pasar 5 días y se le daba nuevamente otro riego, se dejaba este lapso de tiempo para que el suelo no retuviera demasiada humedad y pudiera favorecer a la proliferación de hongos. Después del segundo riego las parcelas se regaban cada 21 días, (esto podía variar dependiendo de las condiciones climatológicas) (Figura 27).



Figura 27-. Riego por inundación para acelerar el anclaje de la planta.

Deshierbe

Mensualmente se erradica la especie invasora *Salsola kali*, debido a que esta especie en tiempo de lluvias se pudre y propicia condiciones para la proliferación de hongos y estos pueden afectar la sobrevivencia de las Cactáceas.

Base de Datos en la zona de rescate

Se elaboraron formatos para dar seguimiento a las fechas de extracción y trasplante, combinaciones de cada parcela, inventario y monitoreo de la sobrevivencia y mortalidad de las especies, con el propósito de tener una base de datos de cada actividad realizada y así definir las técnicas a seguir en la extracción de ejemplares de Cactáceas para asegurar el éxito de las actividades.

Identificación de especies

Para poder identificar correctamente los ejemplares, se toman en cuenta las características morfológicas de las especies y mediante dictonómicas, que vienen en libros de taxonomía se identifica a género y especie. (Las Cactáceas de

México Vol. I, II y III, CONABIO, INIFAP, SEMARNAT) fueron descritos taxonómicamente cada especie que se encontraba en el sitio.

Relación de existencias de plantas en la zona de rescate.

Se realizó un listado florístico de las especies presentes en el área de estudio y fue documentado en Excel, recopilando el número de individuos por especies que se encontraban en los surcos de cada una de las parcelas. Ya contabilizados todos los surcos de cada parcela, se obtuvieron los valores totales por especie que se encontraban en la zona de rescate.

Evaluación de la sobrevivencia y mortalidad de las especies en las parcelas experimentales de la zona de rescate.

Para evaluar la sobrevivencia y mortalidad de las especies, se realizaron monitoreos cada dos meses, donde los datos obtenidos se analizaron en un análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico SAS (2006) y a una prueba de rango múltiple Tukey ($P \leq 0.05$), con una probabilidad del 95% ($P \leq 0.05$).

VI. RESULTADOS

Base de Datos en la zona de rescate

Para realizar el inventario de la zona de rescate primeramente se identificaron taxonómicamente las especies que ahí se encontraron, ya teniendo el nombre científico de cada especie, se realizaron conteos de los individuos que conforman a cada una de las parcelas en la zona de rescate (Cuadro 1).

Nombre científico	Nombre común	Surcos						Total de individuos
		1	2	3	4	5	6	
<i>Ariocarpus retusus</i>	peyote cimarrón							
<i>Astrophytum capricorne</i>	mechudo							
<i>Ancistrocactus scheeri</i>	nido de pájaro							
<i>Coryphantha poselgeriana</i>	manca caballo							
<i>Coryphantha radians</i>	biznagita							
<i>Coryphantha scheeri</i>	Biznaga							
<i>Coryphantha speciosa</i>	Biznaga							
<i>Coryphantha pseudoechinus</i>	biznaguita							
<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	manca caballo							
<i>Echinocereus pectinatus</i>	huevo de toro							
<i>Echinocereus reichenbachii</i>	huevo de toro							
<i>Echinocereus perbellus</i>	huevo de toro							
<i>Echinocereus stramineus</i>	alicoche							
<i>Epithelantha bokei</i>	botón							
<i>Hamatocactus hamatacanthus</i>	cabuchera							
<i>Lophophora fricii</i>	peyote							
<i>Lophophora williamsii</i>	peyote							
<i>Mammillaria formosa</i>	chilera							
<i>Mammillaria heyderi</i>	chilera							
<i>Mammillaria melanocentra</i>	chilera							
<i>Mammillaria pachycylindrica</i>	chilera espina blanca							
<i>Mammillaria pottsii</i>	biznaga de chilitos							
<i>Thelocactus bicolor</i>	biznaga bicolor							
<i>Thelocactus phymatothele</i>	pezón de la rinconada							
<i>Thelocactus rinconensis</i>	pezón de la rinconada							
Total								

Cuadro 1. Formato utilizado para la toma de datos en los inventarios de las parcelas en la zona de rescate.

Especies de mayor importancia en la zona de rescate

En el siguiente cuadro se muestran las accesiones de las especies resguardadas en la zona de rescate y parcelas experimentales de mayor importancia de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la CITES.

Género	Especie	Distribución	Categoría de riesgo	Categoría CITES	Nombre común	ACCESIONES
<i>Astrophytum</i>	<i>capricorne</i>	E	A	II	Mechudo	54
<i>Coryphantha</i>	<i>pseudoechinus</i>	E	Pr	II	Biznaguita	535
<i>Echinocactus</i>	<i>horizonthalonius</i>			II	Manca caballo	4633
<i>Echinocereus</i>	<i>pectinatus</i>			II	Huevo de toro	249
<i>Echinocereus</i>	<i>reichenbachii</i>	E	A	II	Huevo de toro	495
<i>Echinocereus</i>	<i>stramineus</i>			II	Alicoche	1143
<i>Epithelantha</i>	<i>micromeris</i>		Pr	II	Botón	390
<i>Hamatocactus</i>	<i>hamatacanthus</i>	E	Pr	II	Cabuchera	536
<i>Ferocactus</i>	<i>stainesii</i>			II	Biznaga roja	1
<i>Lophophora</i>	<i>fricii</i>		Pr		Peyote	1716
<i>Lophophora</i>	<i>williamsii</i>		Pr	II	Peyote	8156
<i>Mammillaria</i>	<i>heyderi</i>			II	Chilera	390
<i>Mammillaria</i>	<i>melanocentra</i>	E	Pr	II	Chilera	465
<i>Mammillaria</i>	<i>pottsii</i>			II	Viejito	4565
<i>Thelocactus</i>	<i>bicolor</i>	E	A	II	Bicolor	4889
<i>Thelocactus</i>	<i>rinconensis</i>	E	A	II	Pezón de la rinconada	10992
Total						39209

Cuadro 2. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la CITES (E: Endémica - A: Amenazada - Pr: Protección especial II: Apéndice dos de la CITES)

Descripción morfológica de la diversidad florística

Ancistrocactus scheeri.(Sam-Dyck)Britton & Rose

Plantas simples con tallos globosos, tubérculos de 6 a 9 mm de altura y diámetro. Aréolas circulares hasta ovales de 2 a 3 mm de diámetro, prolongándose en un surco. Espinación variable según la edad de la planta: en las plantas maduras las espinas radiales son desde 12 hasta 20 de 1 cm de longitud de color gris claro, espinas centrales 6, la espina del centro de la aréola es acicular, curva o ganchuda, de 2.5 a 4.5 cm de longitud. Las flores brotan en el surco areolar, de 2.5 a 3 cm de longitud; pericarpelo verde, algo escamoso, tubo receptacular con

escamas grandes; Fruto pequeño, de 1.2 a 2.5 cm de longitud, verde. Semillas ovoides, de 2 mm de longitud; Raíces fibrosas o tuberosas (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 28).



Figura 28. *Ancistrocactus scheerian* floración y con fruto albergadas en la zona de rescate.

***Ariocarpus retusus* Scheidw**

Individuos de 12 cm de altura y 10 a 25 cm de diámetro de color verde azulado o grisáceo, tallos muy enterrados, Tubérculos triangulares, Aréolas espiníferas con algo de lana y a veces con algunas espinas diminutas; aréolas floríferas cerca de la axila de los tubérculos, lanosas. Flores blanquecinas en las aréolas del ápice de la planta, de 4 a 5 cm de diámetro, y hasta 4.5 cm de longitud; Fruto ovoide, de 10 a 25 mm de longitud, blanco verdoso hasta rosado pálido (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 29).

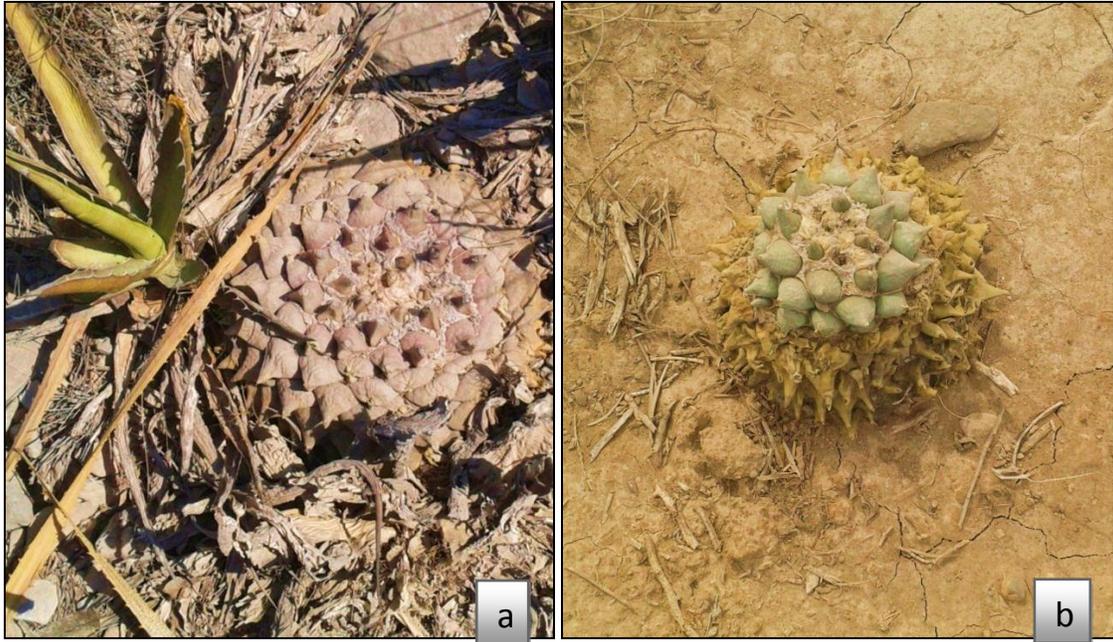


Figura 29. (a) *Ariocarpus retusus* en su hábitat natural, (b) *Ariocarpus retusus* en zona de rescate

***Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton & Rose**

Tallo subgloboso o cortamente cilíndrico hasta de 25 cm de altura y 10 cm de diámetro, al principio globoso, después ovoide hasta alargado. Costillas 7 u 8, altas y agudas; Aréolas grandes distantes entre sí de 2 a 3 cm, Espinas 6 a 20 de 3 a 10 cm de longitud, algunas gruesas más o menos aplanadas, suaves, torcidas o recurvadas de color rojizo, negruzco o ceniciento, Flores de 6 a 7 cm de longitud, de color amarillo brillante con su centro interior de color rojo, Fruto pequeño, Semillas de 2.5 mm de espesor, brillantes (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 30).



Figura 30. *Astrophytum capricorne* en zona de rescate.

***Coryphantha pseudoechinus* Boed**

Planta normalmente cespitosa, aunque es posible encontrar individuos solitarios. Su tallo es cilíndrico, de color verde fuerte, pudiendo alcanzar hasta 15cm de altura por 10 cm de diámetro, dividido en tubérculos semicónicos, de 1 cm de altura por 1.5 cm de diámetro en la base. Cada tubérculo tiene un surco angosto, con 2 o 3 glándulas amarillas. Las aréolas son redondas, de 3 mm de diámetro, cubiertas de lana blanca. Posee de 18 a 25 espinas radiales rectas, de 15 mm de largo, de color castaño, además de 1 espina central, de 25mm de largo, de color café oscuro. Las flores son de color rosado, de 3 cm de diámetro por 2 cm de largo. Los frutos son alargados, de 15 mm de largo por 5 mm de diámetro. Estos contienen decenas de semillas de color café claro, de 3 mm de largo por 1 mm de espesor (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 31).

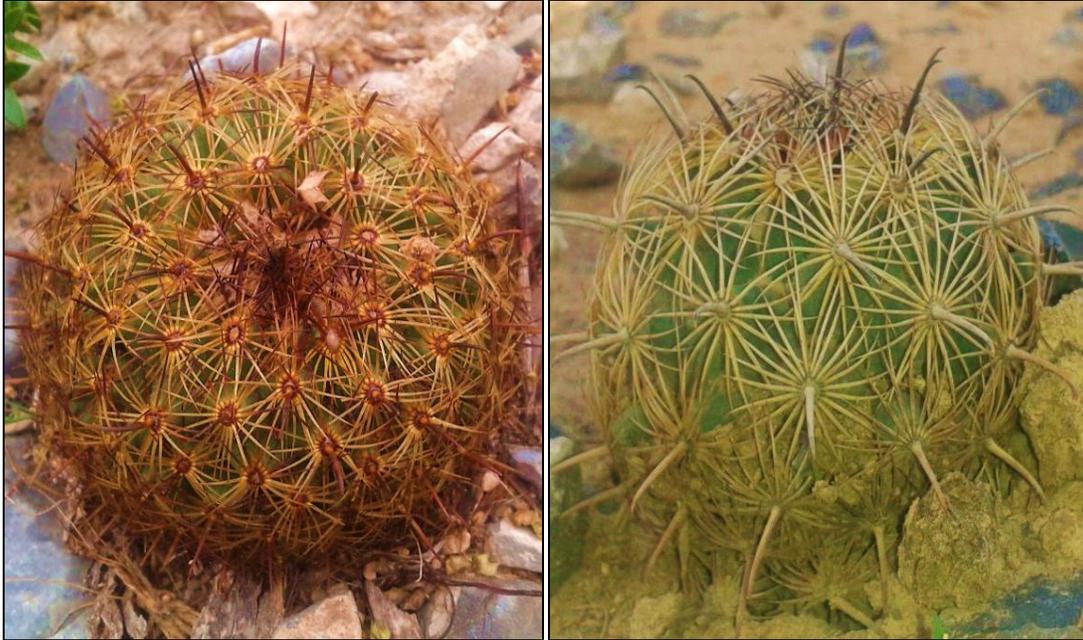


Figura 31. *Coryphantha pseudoechinus* en zona de rescate.

***Coryphantha radians* (DC.) Britton & Rose**

Cactus ligeramente alargado, de 8 cm de altura por 5 cm de diámetro. Tubérculos ovoides grandes con surco profundo. Aréolas y axilas lanosas cerca del ápice. Espinas radiales de 12 a 20, de 1 a 2 cm de longitud, radiadas, blancas, amarillas. Espina centrales a veces ninguna a veces una, similar a las radiales, casi negra. Flores de hasta 7 cm de diámetro color amarillo-pálido (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 32).



Figura 32. *Coryphantha radians* en zona de rescate.

***Coryphantha poselgeriana* (A. Dietr.) Britton & Rose**

Planta solitaria cilíndrico-globosa, hasta de 20 cm de diámetro por 15 cm de altura. Su tallo es de color verde olivo, arreglado en tubérculos angulares de 2 cm de largo. Las axilas entre cada tubérculo están cubiertas de lana, al igual que el ápice. Posee aréolas circulares cubiertas también de lana, de 3 mm de diámetro. Cada tubérculo posee de 5 a 7 espinas radiales duras de color crema, con las puntas café oscuro. De la punta de cada tubérculo emerge una espina central dura de color crema de 5 cm de largo. Las flores son de color magenta, de 5 cm de diámetro por 2 cm de largo. Los frutos son globosos de color verde olivo, de 2 cm de diámetro. Las semillas son de color café claro de 3 mm de diámetro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 33).



Figura 33. *Coryphantha poselgeriana* en estado juvenil y adulto.

***Coryphantha salinensis* (Poselger) Dicht & A.Lüthy**

Plantas simples que rara vez forman macollos, de tallo globular, hasta de 15 cm de diámetro, de color verde grisáceo, dividido en tubérculos ligeramente prominentes, de forma piramidal redondeada, de 15 mm de largo por 12 mm de diámetro en la base. Las aréolas son apicales, de 1 mm de diámetro y cubiertas de fina lana blanca. Cada tubérculo posee de 10 a 12 espinas radiales, de color gris, de 18 mm de largo. Además, una espina central gruesa, ligeramente curvada hacia el tallo, de color negro, y de 20 mm de largo. Las flores son de color amarillo pálido, de 7 mm de diámetro por 5 mm de largo. Los frutos son globosos, de color verde olivo, de 10 mm de diámetro. Las semillas son de color café claro, de 3 mm de largo por 1 mm de espesor (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 34).



Figura 34. *Coryphantha salinensis* en zona de rescate.

***Coryphantha scheeri* Lem**

Plantas simples, aunque es posible encontrar macollos, de tallo cilíndrico, de color verde fuerte, pudiendo alcanzar hasta 20 cm de largo por 15 cm de diámetro. El tallo está dividido en tubérculos cónicos, dispuestos en series en forma de espiral, de 1.5 cm de largo por 2.5 cm en la base. Las aréolas son redondeadas, de 5 mm de diámetro, cubiertas de lana blanca, con glándulas de color café en el centro. Cada tubérculo lleva de 10 a 15 espinas radiales rectas, de color grisáceo, de 3 cm de longitud. Además, de 3 a 5 espinas centrales rígidas, con la punta ligeramente ganchuda, de color castaño claro, de algunos 4 cm de largo. Las flores son de color amarillo brillante, con coloración rojiza entre los tépalos, de 7 cm de diámetro por 5 cm de largo. Los frutos son cilíndricos, de 2 cm de diámetro por 3 cm de largo. Las semillas son de color castaño rojizo, de 3 mm de largo por 1 mm de espesor (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 35).



Figura 35. *Coryphantha. Scheeri*.

***Coryphantha speciosa* Boed**

Planta simple cuando joven, aunque forma macollos en su edad adulta, de tallo cilíndrico, de color verde fuerte, pudiendo alcanzar hasta 15 cm de altura por 10 cm de diámetro. El tallo está dividido en tubérculos cónicos dispuestos regularmente, de 2.5 cm de largo por 2 cm de diámetro en la base. Las aréolas son circulares, de 3 mm de diámetro, cubiertas de lana blanca en las axilas de los tubérculos. Cada tubérculo posee de 7 a 9 espinas radiales rectas, de color gris claro, de 1.5 cm de largo. Además, 4 espinas centrales, de las cuales una, que es 3 mm más larga, está orientada hacia arriba. Las flores son de color verde claro, con tonalidades de color café en las puntas de los tépalos, de 6 cm de diámetro por 4 cm de largo. Los frutos son globosos, de color verde oscuro, de 2 cm de diámetro. Las semillas son de color café claro, de 3 mm de largo por 1 mm de espesor (Bravo y Sánchez 1991) (Figura 36).



Figura 36. Se observaplanta cespitosa, por ejemplo *Coryphanthaspeciosa*.

***Echinocactus horizontalonius* Lem.**

Plantas simples con tallo depreso-globoso de 10 a 15 cm de altura y 10 a 15 cm de diámetro de color verde glauco; ápice lanoso. Costillas de 5 a 13, los tubérculos son separados por angostas hendiduras transversales. Aréolas circulares, espinas cubriendo densamente el vértice de las costillas, pueden ser gruesas, aplanadas, rectas o curvas; anilladas de color rojizo, castaño rojizo o hasta grisáceo y a veces, negro, poco diferenciadas en radiales y centrales. Posee 3 espinas centrales, algo aplanadas y anilladas, la inferior más gruesa que las demás. Flores de 5 a 6.5 cm de longitud y de 5 a 9 cm de diámetro, de color rosa. Fruto incluido entre la lana apical del tallo. Semillas negras irregularmente globosas, de 2 a 3.5 mm de longitud (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 37).



Figura 37. *Echinocactus horizonthalonius* en diferente etapa fenológica.

Echinocereus pectinatus Engelm.

Planta de hábito mixto (solitaria o que puede formar macollos), de tallo cilíndrico, que puede alcanzar hasta 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro. Su tallo está dividido en finas costillas cuyo número puede variar entre 15 y 20. Cada costilla tiene numerosas espinas radiales que varían entre 20 y 30 de color crema a café oscuro hasta de 9 mm de longitud. Algunas subespecies poseen espinas deprimidas hacia el cuerpo, mientras que otras las tienen orientadas hacia fuera. Las flores son de color rosado, volviéndose de color blanco en la parte inferior de cada tépalo, hasta de 6 cm de diámetro por 10 cm de largo. Los frutos son globosos de 5 cm de diámetro, conteniendo gran cantidad de semillas negras menores a 1 mm de diámetro. Estos frutos, conocidos como pitahayas, son muy apreciados por su exquisito sabor (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 38).



Figura 38. Individuos de *Echinocereus pectinatus* en zona de rescate.

***Echinocereus perbellus* Britton&Rose.**

Planta de hábito mixto (solitaria o con capacidad para formar macollos), de forma cilíndrica, capaz de alcanzar hasta 15 cm de altura por 10 cm de diámetro. Su tallo cilíndrico está dividido en finas costillas, cuyo número puede variar entre 13 y 15. Cada costilla tiene numerosas espinas radiales extendidas, que varían entre 12 y 15, de color crema a café oscuro, hasta de 9 mm de longitud. Algunas espinas son de color rojo claro. Las aréolas son circulares, de 3 mm de diámetro, cubiertas de escaso vello blanco. Las flores son de color rojo profundo, hasta de 5 cm de diámetro por 5 cm de largo. Los frutos son globosos, cubiertos de espinas agudas, de 5 cm de diámetro, conteniendo gran cantidad de semillas negras menores a 1 mm de diámetro. Estos frutos, conocidos como pitahayas, son comestibles (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 39).

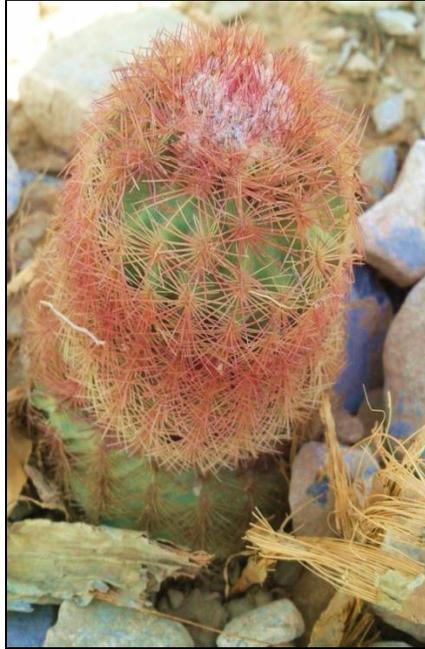


Figura 39. *Echinocereus perbellus*, resguardado en la zona de rescate de especies nativas.

Echinocereus reichenbachii(Terscheck) Britton & Rose.

Plantas simples o con ramificaciones desde la base. Tallo cilíndrico, de 7.5 a 30 cm de altura y de 7 a 9 cm de diámetro. Costillas 10 a 19, angostas y algo tuberculadas, de color verde oscuro. Aréolas pequeñas, alargadas verticalmente, angostas y desnudas, de 3.5 mm de longitud. Espinas radiales de 12 a 36, rígidas; las de la parte superior de la aréola muy pequeñas a menudo setosas; las laterales más robustas, las espinas más largas de una aréola pueden, o no, entrelazarse con las de las aréolas vecinas; de color muy variable, desde completamente blancas o blancas con la punta oscura hasta amarillentas con la punta de color café, o completamente de color castaño; Espinas centrales generalmente ausentes. Flores muy grandes, hasta de cerca de 12 cm de longitud y 10 cm de diámetro, de color púrpura o rosado, aromáticas. Fruto globoso u ovoide, provisto de aréolas espinosas y lanosas, de color verde, al madurar se abre por dos o tres hendiduras verticales. Semillas negras casi globosas (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991) (Figura 40).



Figura 40. *Echinocereus reichenbachii* resguardado en zona de rescate.

***Echinocereus sarissophorus* Britton & Rose.**

Planta cespitosa con Tallos cortos, gruesos, de color verde pálido, de unos 10 cm de diámetro. Costillas 9. Espinas radiales 7 a 10, delgadas, de cerca de 5 cm de longitud. Espinascentrales varias, de 5 a 8 cm de longitud. Flores purpúreas, de 7 a 8 cm de longitud, fruto globoso de 2 a 3 cm de diámetro, espinoso. Semillas negras (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 41).



Figura 41. *Echinocereussarissophorus* con macollo pequeño en la zona de rescate.

Echinocereus stramineus(Engelm) F. Seitz

Plantas que forman conglomerados hasta de 1 a 2 metros de diámetro, tallos ovado-cilíndricos de 12 a 25 cm de longitud y de 3 a 7 cm de diámetro, costillas de 11 a 13; Aréolas pequeñas, circulares, distantes entre sí de 1 a 2 cm, espinas blancas con tinte rosado o castaño, delgadas hasta de grosor medio, bulbosas en la base. Espinas radiales 7 a 14, de 1 a 4 cm de longitud. Espinascentrales 2 a 5, de 9 cm de longitud que se extienden en todas direcciones entrelazándose con las de las aréolas vecinas. Flores muy grandes, de 10 a 12 cm de diámetro, de color rojo púrpura y el exterior de color rosa con el centro verdoso; Florece abundantemente en primavera. Fruto globoso, de 3 a 4 cm de diámetro, rojo, comestible. Semillas de 1.5 mm de diámetro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 42).



Figura 42. *Echinocereus stramineus* ubicado en lago de la planta de Cementos Holcim.

Epithelantha bokei L.D. Benson

Tallos solitarios color verde, de 2.5 a 5 cm de longitud y 2.5 a 5 cm de diámetro. Tubérculos numerosos, apretados, cilindro-cónicos, de cerca de 1.5 mm de longitud, 1.5 mm de diámetro y 3 mm de altura. Aréolas dimorfas, espinas muy numerosas que ocultan el tallo, alrededor de 70 a 110. Flores de 10 a 12 mm de diámetro y de longitud; de color rosa pálido; fruto rojo, de 3 a 9 mm de longitud, que contiene de 5 a 10 semillas de testa negra (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 43).



Figura 43. *EpithelanthaBokei*, resguardado en zona de rescate.

Ferocactus stainesii(Hook.) Britton & A. Rose

Plantas simples o cespitosas con tallos columnares hasta de 3 m de altura y 60 cm de diámetro. Costillas 13 a 20, aréolas ovadas hasta de 20 mm de longitud y 8 mm de ancho, espinas no diferenciadas en radiales y centrales de color rojo o amarillo o de ambos colores; flores numerosas, dispuestas en corona cerca del ápice del tallo, pequeñas, de unos 4 cm de longitud, amarillas o rojas, incluidas entre las espinas y no abriendo ampliamente; Fruto ovoide, de 3 a 4 cm de longitud,

amarillo, con paredes carnosas y suculentas,. Semillas de 1.5 a 2 mm de longitud (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 44).



Figura 44. *Ferocactus stainesii* ubicada en cantera Grava Alta

Ferocactus hamatacanthus (Muehlenpf.) Britton & Rose

Plantas simples o con brotes en la base, tallos ovoides de alrededor de 30 a 60 cm de longitud y 20 a 30 cm de diámetro de color verde oscuro, costillas generalmente 13, a veces hasta 17, de cerca de 5 cm de altura. Aréolas distantes entre sí 3 a 7 cm, grandes, circulares hasta elípticas, de 6 a 7 mm de diámetro, Espinas radiales 8 a 20 de 1.5 a 4 cm de longitud y 0.5 a 0.7 mm de diámetro, de color castaño. Espinas centrales 4 a 8, muy largas, de 6 a 15 cm de longitud, aciculares o subuladas; las tres superiores rectas hasta flexuosas, la inferior con la punta ganchuda, flores de 6.5 a 8 cm de longitud, amarillas; Fruto oblongo-elipsoideo, al principio amarillo verdoso, después con tinte castaño, con escamas semicirculares, semillas ovoides negras (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 45).

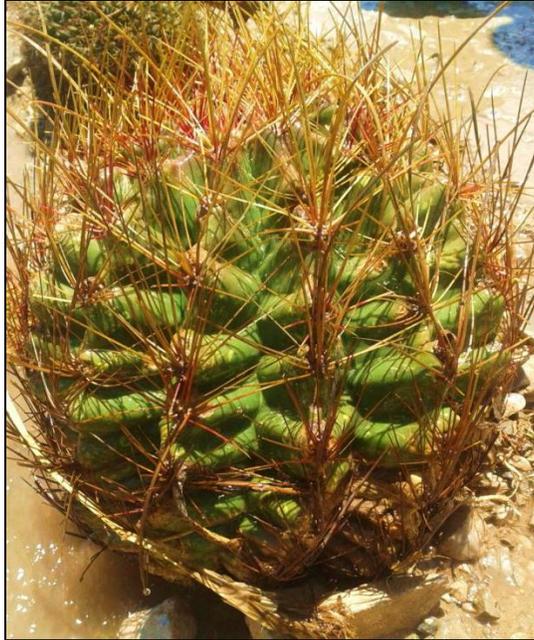


Figura 45. *Ferocactushamatacanthus* resguardada en zona de rescate.

Lophophora fricii (Haberm)

Planta simple o poco cespitosa con tallo depreso-globoso de aprox. 12 cm de diámetro y hasta 8 cm de altura de color verde grisáceo. *Costillas* 14 o más; *aréolas* casi circulares, con pelos blancos sedosos dispuestos en forma de pincel las flores brotan de las aréolas cercanas al ápice del tallo, *Fruto* claviforme, de 20 mm de longitud y 14 mm de diámetro, desnudo, rojo. *Semilla color negra* de 1.5 mm de longitud y 1.2 mm de espesor (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 46).



Figura 46. *Lophophora fricii* ubicado en zona de rescate.

Lophophora williamsii (Lem. ex Salm-Dyck) J.M. Coult.

Planta globosa de 2 a 6 cm de altura y 4 a 11 cm de diámetro, de color verde azulado, costillas 4 a 14, casi siempre presentes, bien definidas, de altura variable y a veces formando tubérculos más o menos altos. Aréolas distantes entre sí. Flores de 1 a 2.4 cm de longitud y de 1 a 2.2 cm de diámetro; de color rosa con tinte amarillento (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 47).





Figura 47. *Lophophora williamsii* solitario, en macollos y en estado de floración.

Mammillaria formosa Galeotti ex Scheidw.

Planta usualmente solitaria, aunque puede formar ramificaciones de varios individuos. Su tallo es globoso, de color verde fuerte, pudiendo alcanzar hasta 8 cm de diámetro. Dicho tallo está dividido en mamilas dispuestas en series espiraladas de 13, de forma piramidal, alcanzando 9 mm de longitud por 4 mm de diámetro en la base. Posee savia lechosa. Las aréolas son circulares, de 2 mm de diámetro, y están cubiertas de lana blanca. Las axilas están también cubiertas de lana blanca, especialmente aquellas cercanas al ápice. De la punta de cada mamila emergen de 20 a 25 espinas radiales aciculares de color blanco grisáceo, ligeramente curvadas hacia el tallo, alcanzando 6 mm de longitud. Además, de 4 a 6 espinas centrales rectas, de color gris oscuro, de 8 mm de longitud. Las flores son de color crema, de 10 mm de longitud por 15 mm de diámetro. Los frutos son cilíndricos, de color rojo fuerte, de 15 mm de largo por 2 mm de diámetro. Las semillas son esféricas, de color café claro, de 2 mm de diámetro pálido (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 48).



Figura 48. *Mammillaria formosa* resguardada en la zona de rescate.

***Mammillaria heyderi* Muehlenpf.**

Planta de tallo globular, usualmente solitaria, pudiendo alcanzar hasta 20 cm de diámetro, sobresaliendo algunos 5 cm del suelo. Su tallo está dividido en decenas de mamilas color verde oscuro, de forma piramidal, de 1 cm de largo, carentes de pelo en las axilas. De la punta de cada mamila emergen de 15 a 22 espinas radiales de color blanco, con las puntas coloreadas de color café oscuro, de 5 a 8 mm de largo. Además, surge una espina central de color café claro, recta hacia afuera, de 6 mm de longitud. Las flores son de color rosado brillante, con vetas de color blanco, de 2 cm de diámetro por 1 cm de largo. Los frutos son cilíndricos, de color rojo profundo, de 1 cm de largo por 5 mm de diámetro, llevando en su interior decenas de semillas de color café claro, de 1 mm de diámetro pálido (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 49).



Figura 49. *Mammillaria heyderi* resguardada en zona de rescate.

Mammillaria melanocentra Poselger

Planta usualmente solitaria, aunque pueden encontrarse macollos de algunos individuos, de tallo esférico, de color verde fuerte, hasta de 30 cm de diámetro, sobresaliendo algunos 20 cm del suelo. El tallo está dividido en mamilas cónicas largas, de 20 mm de largo por 15 mm de ancho en la base. Posee savia lechosa de color blanco, muy pegajosa. Las aréolas son circulares, de 3 mm de diámetro, cubiertas de fina lana blanca. Cada mamila lleva en la punta de 5 a 9 espinas radiales rectas, de color grisáceo, aunque aquellas del ápice son completamente negras, hasta de 11 mm de largo. Además, una espina central recta, gruesa, de color negro, hasta de 6 mm de longitud. Las flores son de color rosado, con tintes de color blanco entre los pétalos, de 2.5 cm de diámetro por 1 cm de largo. Los frutos son globoso cilíndricos, de color rojo escarlata, alcanzando hasta 1 cm de diámetro por 1.5 cm de largo. Las semillas son redondas, de color castaño rojizo, de 1 mm de diámetro pálido (Bravo y Sánchez, 1991)(Figura 50).



Figura 50. *Mammillaria melanocentra* resguardada en zona de rescate.

***Mammillaria pachycylindrica* Backeb.**

Plantas preferentemente simples, aunque pueden formar macollos, de tallo cilíndrico de color verde oscuro, pudiendo alcanzar hasta 40 cm de longitud por 20 cm de diámetro. Dicho tallo está dividido en series de mamilas cilíndricas regularmente dispuestas, de 5 mm de largo por 2 mm de diámetro. Posee savia de color blanco, lechosa y pegajosa. Las axilas están cubiertas de escasa lana blanca. Las aréolas son circulares, de 3 mm de diámetro, cubiertas de lana de color blanco amarillento. Posee de 20 a 25 espinas radiales rectas, muy agudas, de color blanco grisáceo, con las puntas teñidas de color negro. Además, de 5 a 7 espinas centrales rectas, orientadas hacia fuera, de color gris claro, con las puntas de color negro, de 6 mm de longitud. Las flores son de color rojo claro, con tonalidades verdes en su interior, de 2 cm de largo por 2 cm de diámetro. Los frutos son de color verde claro, de 3 cm de largo por 0.5 cm de diámetro. Las semillas son redondas, de color café claro, de 1 mm de diámetro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 51).



Figura 51. *Mammillaria pachycylindrica* resguardada en la zona de rescate.

Mammillaria pottsii Scheer ex Salm-Dyck

Planta usualmente solitaria, aunque con la edad ramifica en varios individuos que nacen de la base, de tallo cilíndrico, pudiendo alcanzar hasta 30 cm de longitud por 7 cm de diámetro. Su tallo está dividido en decenas de mamilas cónicas, de color verde profundo, de 5 mm de altura por 5 mm de diámetro, cuyas axilas están cubiertas de lana blanca. De la punta de cada mamila surgen de 25 a 35 espinas radiales, de color gris claro, de 5 mm de longitud. Además, emergen de 7 a 10 espinas centrales, rectas hacia afuera, de color gris claro, de 10 mm de largo. Sus flores son de color rojo profundo, de 5 mm de largo por 3 mm de diámetro. Los frutos son cilíndricos, de color rojo brillante, de 10 mm de largo por 3 mm de diámetro, conteniendo decenas de semillas redondas negras, de 1 mm de diámetro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 52).



Figura 52. a) *Mammillaria pottsii*espitosa, b) solitario resguardados en la zona de rescate.

Thelocactus bicolor (Galeotti ex Pleiff.) Britton & Rose

Plantas en su mayoría simples con tallos ovoides, largamente ovoides o hasta cilindricos, de 7 hasta 35 cm de altura y de 5 hasta 15 cm de diámetro, de color verde glauco. Costillas 8 a 13, Aréolas circulares o algo alargadas. Espinas muy variables en forma, tamaño y color, Espinas radiales de 7 hasta 25, delgadas entrelazadas con las de las aréolas vecinas, de colores variados, espinas centrales generalmente 1 a 4, al igual que las espinas radiales de colores variados, blanco, amarillo, rojizo, o purpúreo, que pueden combinarse en una sola espina. Flores dispuestas en el ápice de la planta, de 5 a 6.5 cm de longitud y 5 a 6 cm de diámetro; de color rosa púrpura; Fruto pequeño, de cerca de 12 mm de longitud y 9 a 12 mm de diámetro, provisto de escamas de color castaño rojizo. Semillas de color negro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 53).



Figura 53. *Thelocactus bicolor* resguardada en zona de rescate.

Thelocactus rinconensis (Poselg.) Britton & Rose.

Planta generalmente simple con tallo depreso-subgloboso hasta muy aplanado, de alrededor de 12 a 20 cm de diámetro y cerca de 8 cm de altura, de color azul glauco y ocasionalmente verde grisáceo. Costillas no claramente definidas, tubérculos dispuestos en 13 y 21 series espiraladas, aréolas circulares, grandes, de alrededor de 6 mm de diámetro. Espinas radiales 5 a 11, Espinas centrales 3 a 5. Flores grandes de cerca de 4 cm de longitud y diámetro, de color variable desde blanco hasta amarillo pálido o con una franja media rosada hasta rosado purpúrea; Fruto toneliforme, de 6 a 7 mm de longitud. Semillas ovoides color negro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 54).



Figura 54. A la izquierda Flor de *Thelocactus rinconensis* y a la derecha *Thelocactus bicolor*.

***Thelocactus rinconensis* ssp. *Phymatothele*(Poselger) Glass**

Plantas generalmente simples, a veces con brotes en la base. Tallo globoso-aplanado de 9 hasta 15 cm de diámetro, de color verde grisáceo o verde azulado. Costillas alrededor de 13, no prominentes, indefinidas, fuertemente tuberculadas, tubérculos redondeados de unos 2 cm de altura, aréolas elípticas, ovoides o romboidales, de 2 a 6 mm de longitud, con escasa lana corta, blanca o grisácea, espinas 1 a 3 cortas, de 2 hasta ocasionalmente 20 a 35 mm de longitud, a veces ausentes, rígidas, gruesas, más o menos curvas, de color castaño purpúreo.

Las flores son apicales, de color rosa pálido, de 1 cm de diámetro por 5 mm de largo. Los frutos son globosos, de color verde olivo, de 1 cm de diámetro, y contienen algunas semillas de color negro, de 3 mm de diámetro (Bravo y Sánchez, 1991) (Figura 55).



Figura 55. *Thelocactus phymatotheres* resguardado en zona de rescate.

Descripción de especies de la familia *Agavaceae*

***Agave lechuguilla* Torr.**

La lechuguilla es un arbusto pequeño, acaule, con hojas dispuestas en forma de roseta, de 11 a 50 hojas, su altura puede variar entre 30 a 40 cm de ancho y de 20 a 70 de altura. Tiene raíces largas, fibrosas, delgadas, que se extienden a una profundidad entre 8 y 12 cm del suelo (Sánchez *et al.*, 2003).



Figura 56. *Agave lechuguilla* utilizada como especie nodriza para las cactáceas en la zona de rescate.

Yucca carnerosana(Trel.) McKelvey

Planta perenne caulescente, simétrica, de crecimiento extremadamente lento y de porte arbustivo o arborescente, generalmente se distribuye en forma individual, rara vez se le observa formando densas agrupaciones de varios troncos de diferente tamaño, unidos en su base. Tronco grueso y escamoso con diámetro de 15 a 40 cm y altura promedio de 3.0 m, en ocasiones alcanza más de 10 m; raras veces se ramifica una o dos veces en su parte superior. Hojas de color verde azulado, rígidas de 50-100 cm de largo x 5-7.5 cm de ancho y terminan en punta con una fuerte espina de 0.95 a 1.30 cm. Las hojas forman densas cabezuelas o rosetas consistentes y simétricas con un diámetro proporcional a su altura. El escapo floral crece en la parte central de la roseta, es grande y grueso, sobresale por completo del follaje.(Sánchez *et al.*, 2003) (Figura 57).



Figura 57. *Yuca carnerosana* en zona de rescate.

Relación de plantas en la zona de rescate

Comparación con inventarios anteriores correspondientes solo al número total de individuos de cactáceas; para realizar este inventario no se utilizó algún diseño experimental (Figura 58).



Figura 58-. Comparación de individuos de cactáceas en los inventarios del 2011, 2012 y 2013.

La familia de cactáceas comprende un total de 39,223 individuos, plantados en surcos en 23 parcelas y la familia de agaváceas está compuesta por 29,005 individuos (Figura 59).

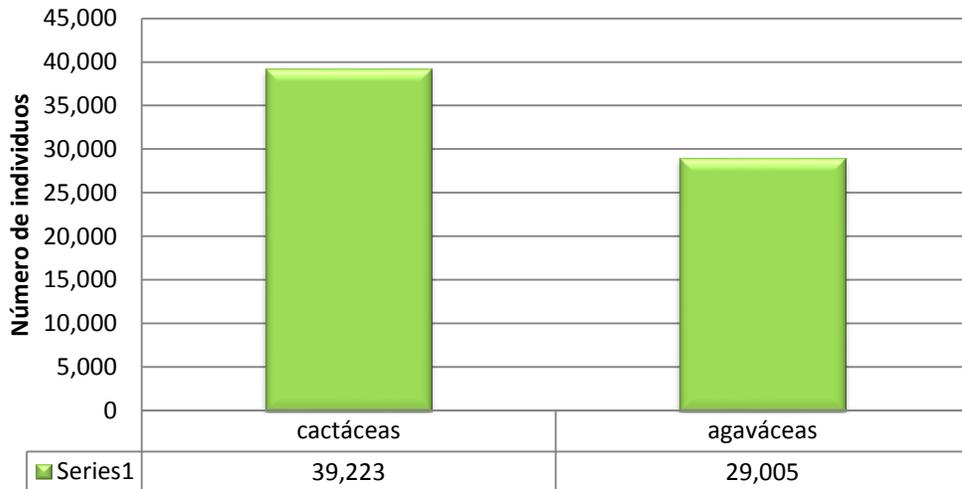


Figura 59-. Número de individuos de las familias (*cactáceas* y *agaváceas*) que se encuentran en la zona de rescate de especies nativas.

Relación de especies por género de la familia *Cactácea*

En la zona de rescate se encuentran trasplantados 39,223 individuos pertenecientes a la familia de las cactáceas, de los cuales se encuentran 26 especies pertenecientes a 10 géneros; el género que cuenta con más individuos dentro de la zona de rescate es *Thelocactus* y el que presenta menor cantidad es el género *Ariocarpus*, mientras que la familia de *agaváceas* está compuesta únicamente por dos especies, *Yuca carnerosana* y *Agave lechuguilla*, que suman un total de 29,005 individuos (figuras 60, 61 y 62).

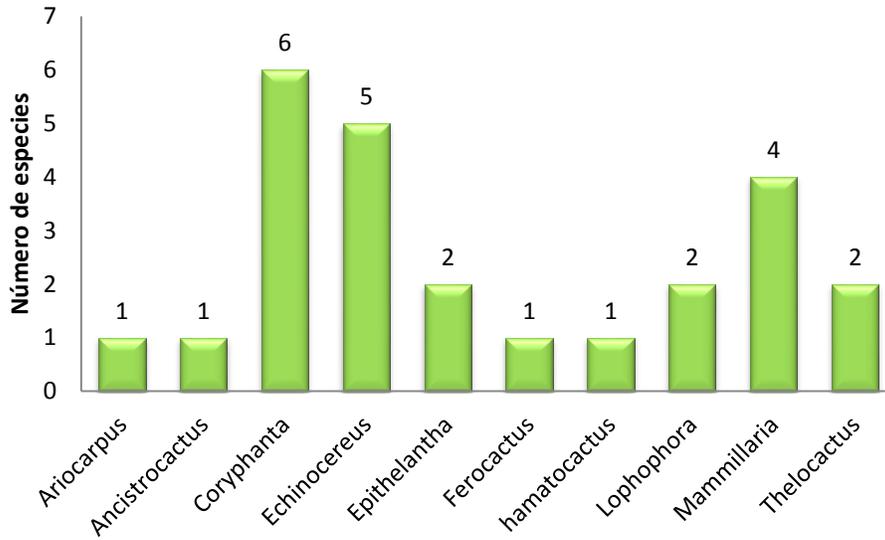


Figura 60-. Número de especies por género

Relación de ejemplares por género de la familia Cactácea

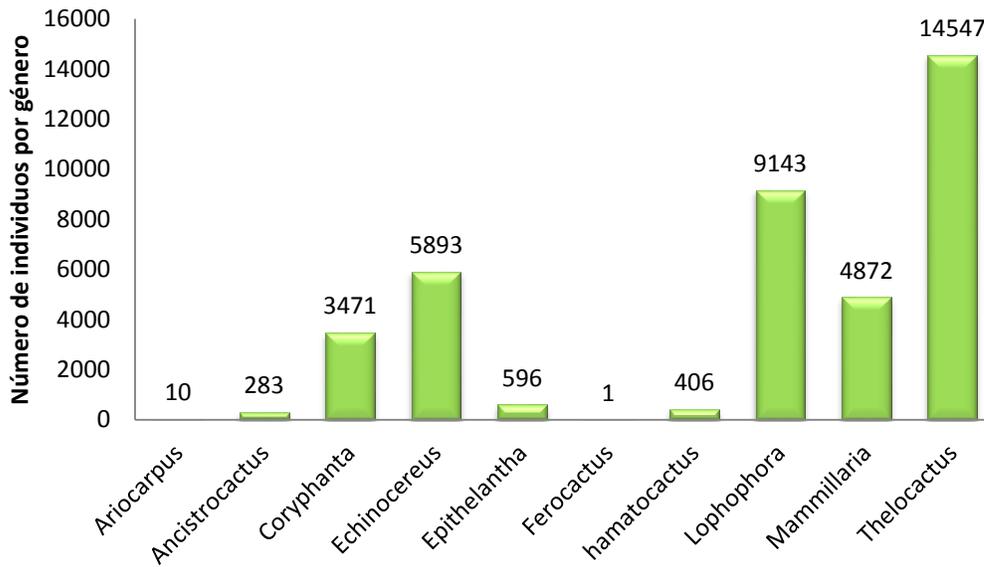


Figura 61-. Número de ejemplares que conforman a cada Género.

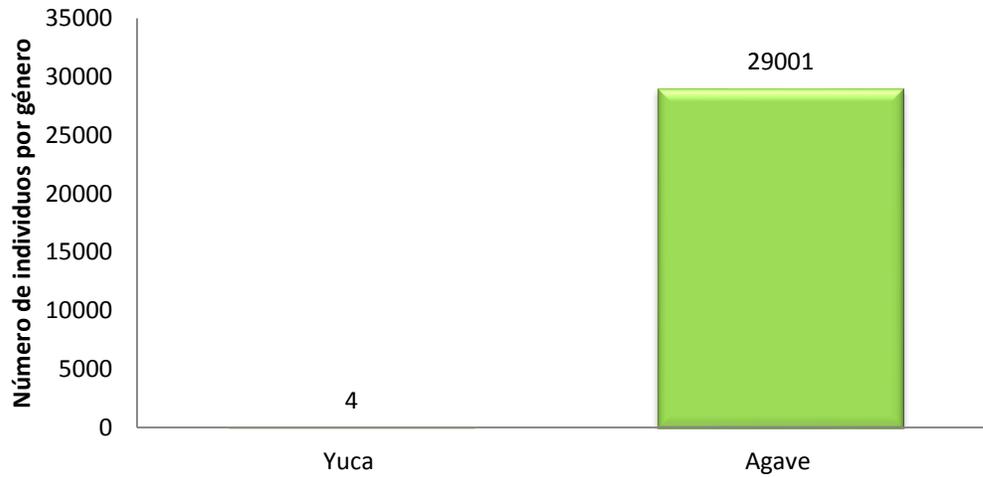


Figura 62-. Géneros con número de ejemplares que conforman a la familia de Agaváceas.

Cabe mencionar que la especie de *agave lechuguilla* se plantó en hileras a orillas de cada surco, con la finalidad de que ésta, realice la función de planta nodriza, la cual le brindara protección de la radiación solar, depredadores, viento, crear un microclima, etc... (Figura 63).



Figura 63-. Surco de cactáceas delimitados por dos surcos de lechuguilla.

En el siguiente cuadro se muestra el número total de accesiones que se encuentran resguardadas en la zona de rescate; no se definen las accesiones por año, ya que no se tienen identificadas correctamente todas las especies en el 2011 y 2012 (Cuadro 3).

Género	Especie	Distribución	Categoría de riesgo	Categoría CITES	Nombre común	ACCESIONES
<i>Ariocarpus</i>	<i>retusus</i>				Peyote cimarrón	10
<i>Astrophytum</i>	<i>capricorne</i>	E	A	II	Mechudo	5
<i>Ancistrocactus</i>	<i>scheeri</i>				Nido de pájaro	283
<i>Coryphantha</i>	<i>echinus</i>				Biznaga	634
<i>Coryphantha</i>	<i>poselgeriana</i>				Biznaga partida	151
<i>Coryphantha</i>	<i>radians</i>				Biznagueta	1991
<i>Coryphantha</i>	<i>salinensis</i>				Biznaga	6
<i>Coryphantha</i>	<i>sheerii</i>				Biznaga	223
<i>Coryphantha</i>	<i>pseudoechinus</i>	E	Pr	II	Biznagueta	466
<i>Echinocereus</i>	<i>horizonthalonius</i>			II	Manca caballo	4340
<i>Echinocereus</i>	<i>pectinatus</i>			II	Huevo de toro	146
<i>Echinocereus</i>	<i>reichenbachii</i>	E	A	II	Huevo de toro	430
<i>Echinocereus</i>	<i>sarissophorus</i>				Biznaga	76
<i>Echinocereus</i>	<i>stramineus</i>			II	Alicoche	901
<i>Epithelantha</i>	<i>bokei</i>				Botón	241
<i>Epithelantha</i>	<i>micromeris</i>		Pr	II	Botón	355
<i>Ferocactus</i>	<i>stainesii</i>			II	Biznaga roja	1
<i>Hamatocactus</i>	<i>hamatacanthus</i>	E	Pr	II	Manca caballo	406
<i>Lophophora</i>	<i>fricii</i>		Pr		Peyote	1690
<i>Lophophora</i>	<i>williamsii</i>		Pr	II	Peyote	7453
<i>Mammillaria</i>	<i>candida</i>				Bola de nieve	4
<i>Mammillaria</i>	<i>heyderi</i>			II	Chilera	338
<i>Mammillaria</i>	<i>melanocentra</i>	E	Pr	II	Chilera	335
<i>Mammillaria</i>	<i>pottsii</i>			II	Biznaga de	4195
<i>Thelocactus</i>	<i>bicolor</i>	E	A	II	Biznaga bicolor	4091
<i>Thelocactus</i>	<i>rinconensis</i>	E	A	II	Pezón de la	10456
<i>Yuca</i>	<i>carnerosana</i>				Yuca	4
<i>Agave</i>	<i>lechuguilla</i>				Lechuguilla	29001
Total						68232

Cuadro 3 -. Inventario de las especies registradas en la zona de rescate

E: Endémica - A: Amenazada - Pr: Protección especial II: Apéndice dos de la CITES X: Especie no trasplantada.

Índice de sobrevivencia

De acuerdo a una comparación con datos del año 2012 de tres especies que si se identificaron correctamente, nos dimos cuenta que actualmente la zona de rescate cuenta con problemas de sobrevivencia, adaptación y por consecuente reproducción de las plantas, los índices de sobrevivencia en alguna especies son muy bajos como en *Coryphantha radians* (52 %), en cambio para otras especies son muy altos, debido a su alta tolerancia a los factores climáticos, como por ejemplo *Thelocactus rinconensis* (87 %)y *Echinocactus horizionthalonius* (85 %) (Figura 64).

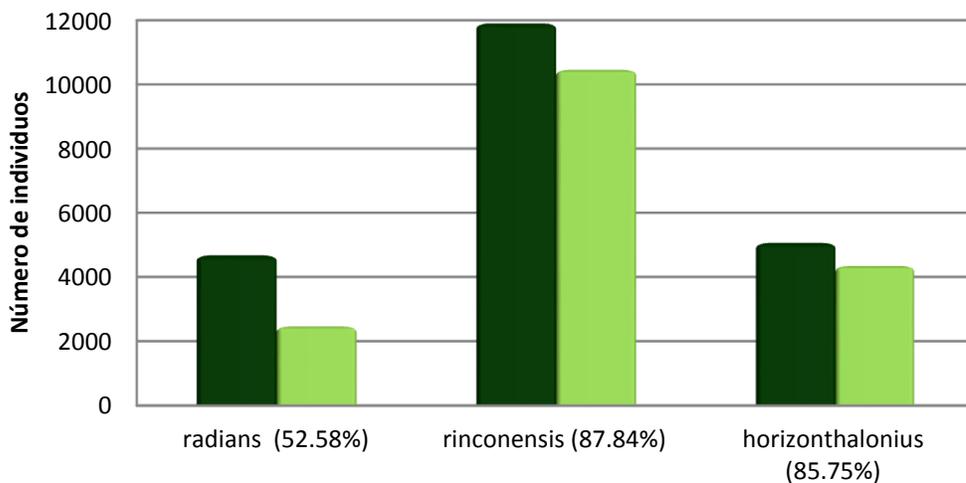


Figura 64-. Porcentajes de sobrevivencia en comparación con el año 2012.

Inventario de la diversidad florística en las parcelas experimentales realizadas en 2013

En el primer inventario de las parcelas experimentales, se contabilizaron 7,446 individuos distribuidos en las seis parcelas, esta cantidad de individuos se encuentran clasificados dentro de dos familias (cactáceas y agaváceas), 11 géneros y 28 especies (Figuras 65 y 66).

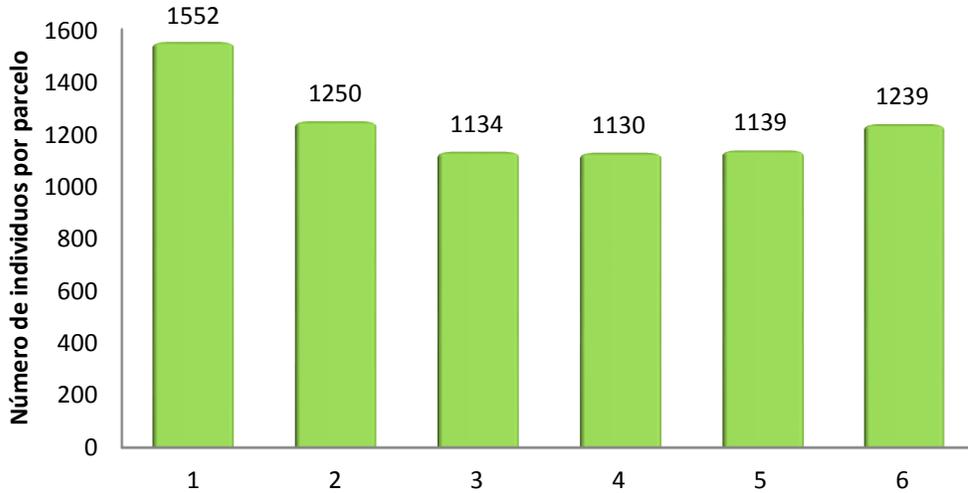


Figura 65-. Número de individuos correspondientes a cada parcela.

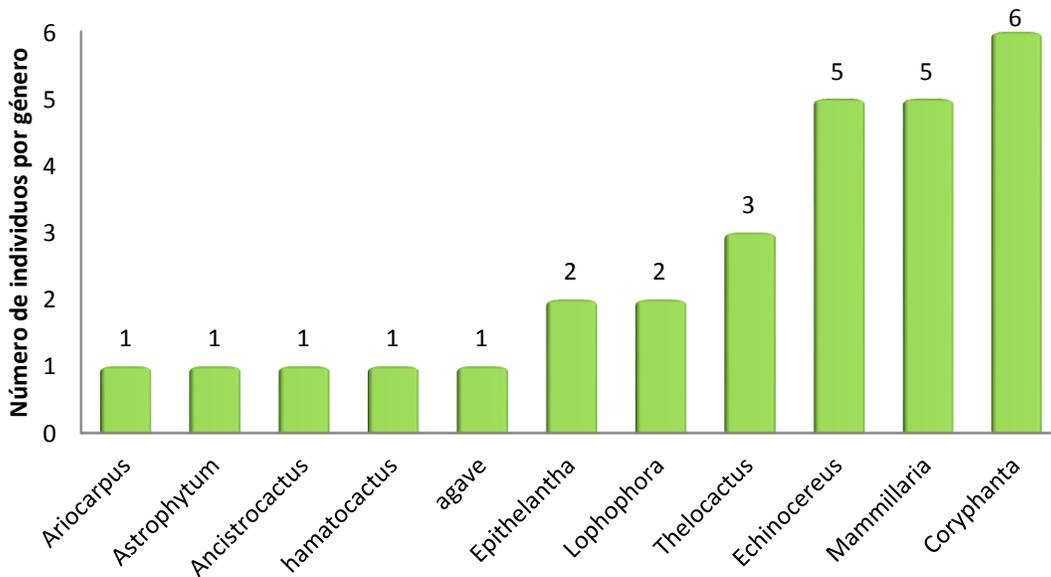


Figura 66-. Número de especies que conforman a cada género que se encuentran plantados en las parcelas experimentales.

El género Agave conformado por tan solo una especie (*Agave lechuguilla*) es el que tiene un mayor número de individuos, ya que este se plantó con la finalidad de darle protección contra depredadores y el viento a las demás especies. Los géneros de cactáceas con un mayor número de individuos son *Coryphantha*, *Lophophora*, *Echinocereus* y *Mammillaria*. (Figura 67).

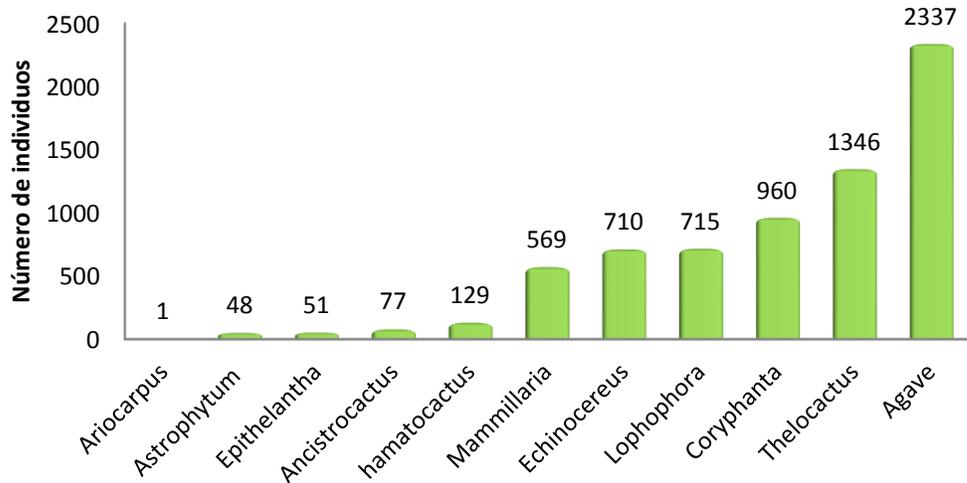


Figura 67-. Número de individuos que conforman a cada género.

Índice de sobrevivencia en las parcelas experimentales

En el siguiente cuadro semuestra el porcentaje total de sobrevivencia de las especies en cada parcela a un año después del trasplante, nombre común, especies endémicas, categoría de riesgo respecto a la norma 059.SEMARNAT-2010 y la categoría de acuerdo a la CITES.

Género	Especie	Nombre común	Distribución	Categoría de riesgo	Categoría CITES	% de sobrevivencia en parcelas					
						1	2	3	4	5	6
<i>Ariocarpus</i>	<i>retosus</i>	Peyote cimarrón				X	0	X	X	X	X
<i>Astrophytum</i>	<i>capricorne</i>	Mechudo	E	A	II	100	100	100	50	100	X
<i>Ancistrocactus</i>	<i>scheeri</i>	Nido de pájaro				80	68	79	83	92	100
<i>Coryphantha</i>	<i>poselgeriana</i>	Biznaga partida				100	X	X	X	100	67
<i>Coryphantha</i>	<i>radians</i>	Biznaguita				95	92	90	70	65	84
<i>Coryphantha</i>	<i>speciosa</i>	Biznaguita				X	0	82	X	X	53
<i>Coryphantha</i>	<i>pseudoechinus</i>	Biznaguita	E	Pr	II	90	80	100	86	X	86
<i>Echinocereus</i>	<i>horizonthalonius</i>	Manca caballo			II	85	75	86	54	X	87
<i>Echinocereus</i>	<i>pectinatus</i>	Huevo de toro			II	100	83	86	85	71	97
<i>Echinocereus</i>	<i>perbellus</i>	Biznaga				X	X	100	X	X	X
<i>Echinocereus</i>	<i>reichenbachii</i>	Huevo de toro	E	A	II	100	86	100	55	77	75
<i>Echinocereus</i>	<i>stramineus</i>	Alicoche			II	100	93	100	84	88	91
<i>Epithelantha</i>	<i>bokei</i>	Botón				100	X	X	X	X	100
<i>Epithelantha</i>	<i>micromeris</i>	Botón		Pr	II	100	X	X	X	X	100
<i>Hamatocactus</i>	<i>hamatacanthus</i>	Manca caballo	E	Pr	II	100	100	100	88	94	83
<i>Lophophora</i>	<i>fricii</i>	Peyote		Pr		93	100	100	X	100	100
<i>Lophophora</i>	<i>williamsii</i>	Peyote		Pr	II	94	91	94	57	81	86
<i>Mammillaria</i>	<i>candida</i>	Bola de nieve				100	X	X	X	X	X
<i>Mammillaria</i>	<i>coahuilensis</i>	Chilera				X	0	67	X	X	X
<i>Mammillaria</i>	<i>formosa</i>	Chilera				X	X	100	X	X	X
<i>Mammillaria</i>	<i>heyderi</i>	Chilera			II	X	X	100	89	X	80
<i>Mammillaria</i>	<i>melanocentra</i>	Chilera	E	Pr	II	81	74	81	77	X	95
<i>Mammillaria</i>	<i>pachycylindrica</i>	Chilera				86	100	91	100	X	100
<i>Mammillaria</i>	<i>pottsii</i>	Viejito			II	92	92	95	84	77	96
<i>Neolloydia</i>	<i>conoidea</i>	Biznaga				89	94	91	93	90	95
<i>Thelocactus</i>	<i>bicolor</i>	Biznaga bicolor	E	A	II	95	91	92	69	78	93
<i>Thelocactus</i>	<i>phymatothele</i>	Chilera				100	100	100	100	100	100
<i>Thelocactus</i>	<i>rinconensis</i>	Pezón de la rinconada	E	A	II	98	95	98	87	90	97

Cuadro 4. Distribución, categoría de riesgo, categoría CITES y porcentaje de sobrevivencia de las especies a un año después del trasplante en las parcelas experimentales.

Cuadro No. 5. Análisis de varianza de sobrevivencia y comparación de medias de siete especies de cactáceas trasplantadas en diferentes sustratos; se analizaron estadísticamente estas especies, debido a que solo estas contaban con datos representativos.

Parcelas	Variables (% de sobrevivencia)	Muestreos					
		Tra sp.	12-16/08/13	16-22/10/13	19-24/12/13	10-14/02/14	14-23/04/14
1	<i>Coryphantha radians</i>	100	96.71 a	96.71 a	94.73 a	94.73 a	94.73 a
2		100	98.70 a	96.10 a	92.20 a	92.20 a	92.20 a
3		100	98.85 a	96.55 a	90.80 a	90.80 a	89.65 a
4		100	98.14 a	79.62 b	75.92 bc	74.07 bc	70.37 bc
5		100	93.87 a	71.42 b	67.34 c	65.30 c	65.30 c
6		100	98.92 a	91.39 a	88.17 ab	87.09 ab	83.87 ab
C.V %				0.155	0.2946	0.3602	0.3682
S.E			ns	*	**	**	**
1	<i>Echinocactus horizontalis</i>	100	96.29 ab	92.59 a	88.88 a	88.88 a	85.18 a
2		100	83.33 bc	83.33 ab	75.00 ab	75.00 ab	75.00 a
3		100	93.10 ab	91.37 a	89.65 a	87.93 a	86.20 a
4		100	77.04 cd	70.49 bc	62.29 b	57.37 bc	54.09 b
5		100	67.64 d	61.76 c	52.94 b	44.11 c	41.17 b
6		100	98.11 a	96.22 a	90.56 a	86.79 a	86.79 a
C.V %				0.3896	0.4352	0.5249	0.563
S.E			*	**	**	**	**
1	<i>Echinocereus estramineus</i>	100	100 a				
2		100	97.82 a	95.65 a	93.47 ab	93.47 ab	93.47 ab
3		100	100 a				
4		100	95.55 a	93.33 a	88.88 b	86.66 b	84.44 b
5		100	100 a	92 a	88 b	88.00 ab	88.00 ab
6		100	100 a	97.67 a	97.67 ab	97.67 a	90.69 ab
C.V %				0.112	0.1847	0.2258	0.2345
S.E			ns	ns	*	*	*
1	<i>Lophophora williamsii</i>	100	97.89 a	97.36 a	94.73 a	94.73 a	93.68 a
2		100	92.85 ab	92.85 ab	92.85 ab	92.85 ab	90.81 ab
3		100	96.90 ab	93.81 ab	93.81 ab	93.81 ab	93.81 a
4		100	78.18 c	63.63 c	59.09 c	58.18 c	57.27 c
5		100	90.90 b	82.82 b	81.81 b	81.81 b	80.80 b
6		100	89.90 b	87.15 b	87.15 ab	87.15 ab	86.23 ab
C.V %				0.2924	0.3595	0.3827	0.3838

S.E			*	**	*	**	**
uno	<i>Mammillaria</i>	100	100 a	100 a	94.44 a	94.44 a	91.66 ab
1	<i>pottsii</i>	100	100 a	98.36 a	93.44 a	93.44 a	91.80 a
2		100	100 a	100 a	97.56 a	95.12 a	95.12 a
3		100	100 a	91.07 ab	87.50 ab	87.50 ab	85.71 ab
4		100	93.02 b	80.62 b	76.74 b	76.74 b	76.74 b
5		100	100 a	95.74 a	95.74 a	95.74 a	95.74 a
6			0.1554	0.3024	0.3673	0.373	0.3927
S.E			*	**	**	**	**
1	<i>Thelocactus</i>	100	96.08 a	94.66 a	94.66 a	94.66 a	94.66 a
2	<i>bicolor</i>	100	97.41 a	93.96 a	93.10 ab	93.10 a	91.37 a
3		100	98.31 a	92.43 ab	92.43 ab	92.43 a	92.43 a
4		100	95.04 a	75.24 c	73.26 c	72.27 b	69.30 b
5		100	94.44 a	81.48 bc	81.48 bc	77.77 b	77.77 b
6		100	96.85 a	95.27 a	95.27 a	94.48 a	92.91 a
C.V %			0.1911	0.307	0.3128	0.3208	0.3352
S.E			n.s	**	**	**	**
1	<i>Thelocactus</i>	100	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	98.03 a
2	<i>rinconensis</i>	100	99.04 a	97.14 a	96.19 abc	96.19 a	95.23 ab
3		100	98.94 a	97.89 a	97.89 ab	97.89 a	97.89 a
4		100	97.67 a	94.18 a	88.37 c	87.20 b	87.20 c
5		100	96.66 a	92.22 a	90.00 bc	90.00 ab	90.00 bc
6		100	99.08 a	97.24 a	97.24 ab	97.24 a	97.24 a
C.V %			0.1233	0.1964	0.2322	0.236	0.2453
S.E			ns	ns	**	**	**
1	todas las	100	97.06 a	96.19 a	94.45 a	94.23 a	93.58 a
2	especies	100	94.80 b	91.76 b	89.35 b	89.35 b	88.59 b
3	trasplantadas en	100	97.36 a	94.86 a	93.34 ab	92.92 ab	92.37 a
4	cada parcela	100	91.07 c	78.66 c	74.47 c	72.80 c	70.99 c
5		100	91.78 c	78.08 c	75.06 c	73.69 c	73.15 c
6		100	96.90 ab	93.81 ab	93.04 ab	92.39 ab	90.72 ab
C.V %			0.2262	0.3362	0.3735	0.3837	0.4001
S.E			*	*	**	**	**

† Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (a: son los mejores resultados - b: son los segundos mejores resultados - ab: indica que los resultados no son tan buenos como los a pero tampoco bajos como los b - c o d: son los resultados más bajos, etc.) C.V coeficiente de variación, SE significancia estadística. * Diferencia significativa (tukey, p=0.05). ** diferencia altamente significativa (Tukey, p=0.01). NS. Diferencia no significativa - Trasp. Trasplante.

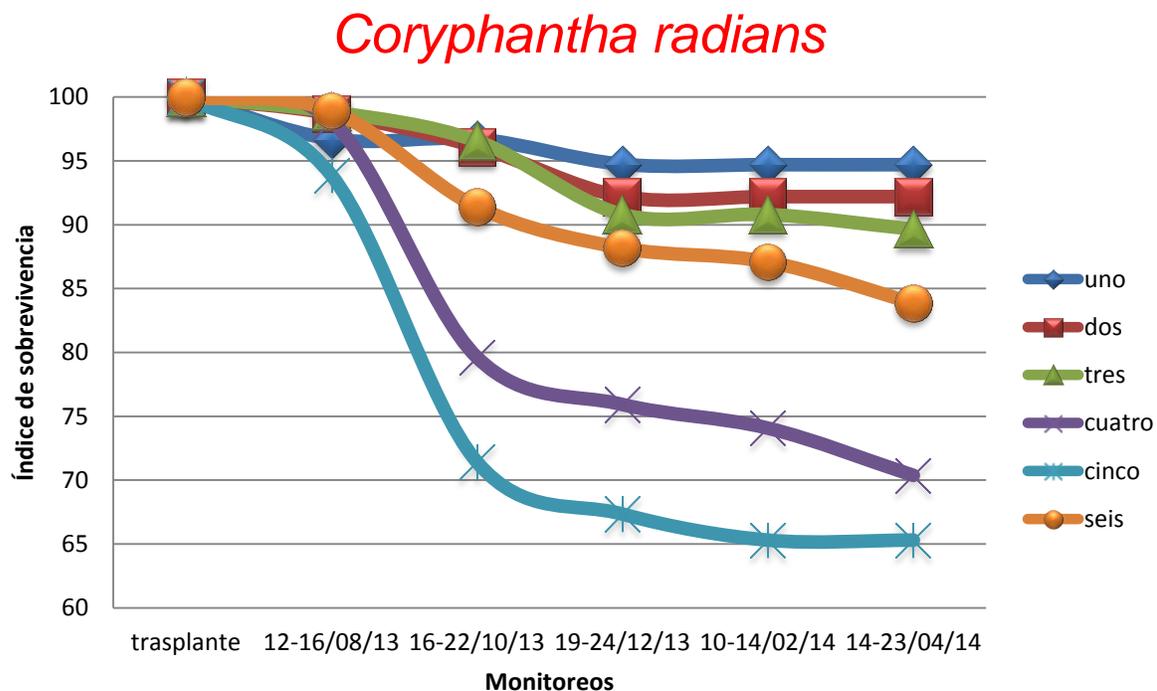


Figura 68. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Coryphantha radians* en las diferentes parcelas.



El número de individuos trasplantados de *Coryphantha radians* fue de 512 ejemplares distribuidos en las seis parcelas; en el primer monitoreo que se realizó, se contabilizaron 500 individuos, obteniendo un nivel de sobrevivencia de un 98 % y los resultados no mostraron diferencia significativa entre tratamientos, pero en valores absolutos en la parcela que se obtuvo un mayor índice de sobrevivencia con un 98.9 %, fue la parcela experimental número seis, la cual estaba compuesta con tierra de la zona de cantera (testigo) y en la parcela que se obtuvo un menor índice fue la número tres (leonardita, grava y tierra) con 93.8 %.

Los resultados nos indican que con un suelo bien drenado y un riego adecuado, las Cactáceas pueden tolerar la radiación solar; sin embargo, ya para el segundo monitoreo en las parcelas donde esta especie sufrió un mayor estrés se volvió más vulnerable a los cambios climáticos (exceso de humedad), por lo que en los meses de agosto y septiembre que es cuando hay una mayor cantidad de lluvias, la planta sufrió pudriciones en los tallos, lo que llevó a la pérdida total del individuo y por consiguiente un aumento en los porcentajes de mortalidad hasta de un 22.45 % y en las parcelas donde las plantas no sufrieron estrés se obtuvieron resultados de entre 0 y un 2.6 %. Para el tercer monitoreo los porcentajes de mortalidad se estabilizaron teniendo porcentajes de entre un 2 y un 5 %.

En el cuarto monitoreo realizado solo se contabilizaron tres individuos muertos de los 450 sobrevivientes (un individuo en las parcelas cuatro, cinco y seis), lo que nos indica que esta especie ya muestra una adaptación a las condiciones climatológicas del hábitat en el que fue trasplantada. Durante el tiempo del tercer y cuarto monitoreo se presentaron dos heladas las cuales no afectaron a la sobrevivencia de la planta.

En el quinto monitoreo, tres parcelas presentaron un 0 % de mortalidad, mientras que la parcela con el índice mayor fue de un 3.7 % (2 individuos muertos). La media del porcentaje de mortalidad aumentó un 0.47 % comparado con el monitoreo anterior y se contabilizaron un total de seis individuos muertos. La parcela con los mejores resultados finales fue la número uno y presentó un porcentaje de sobrevivencia de un 95 %, en la cual solo murieron 8 individuos de los 152 trasplantados (Figura 68).

A los ocho meses de aclimatación se presentó un porcentaje de sobrevivencia del 94 % y la parcela más baja un porcentaje de un 65 %, este mismo porcentaje es similar al reportado en plantas aclimatadas *in Vitro* en esta misma especie (*Coryphantha*) en estudios realizados por Pérez *et al.*, (1998).

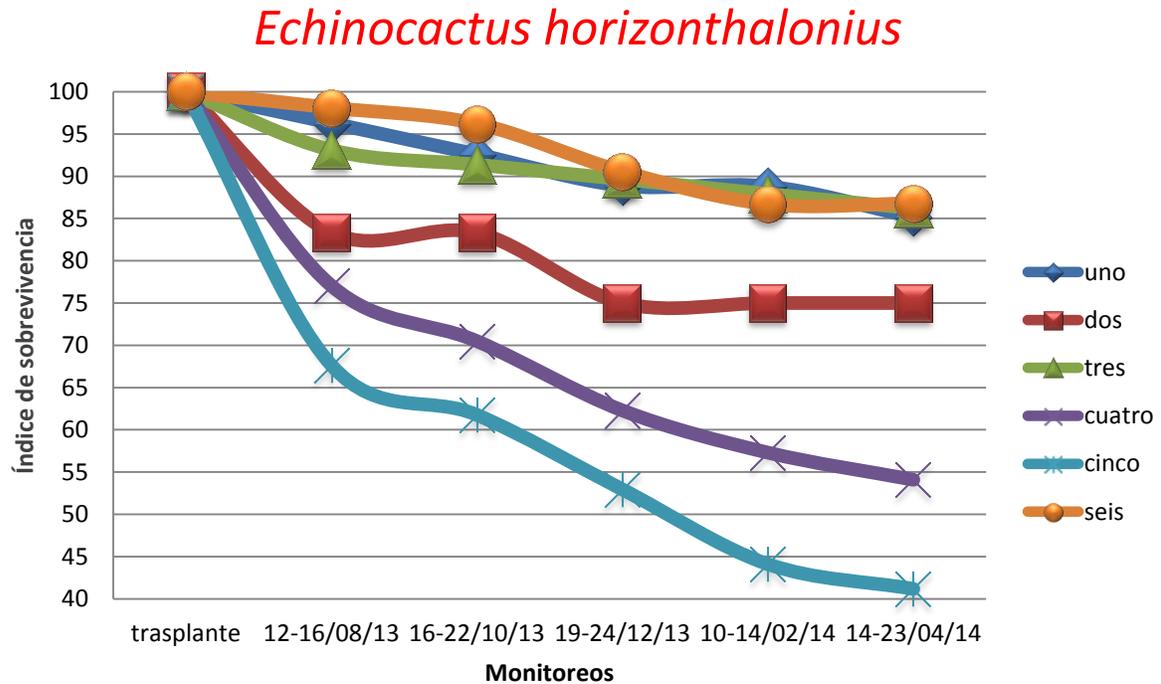
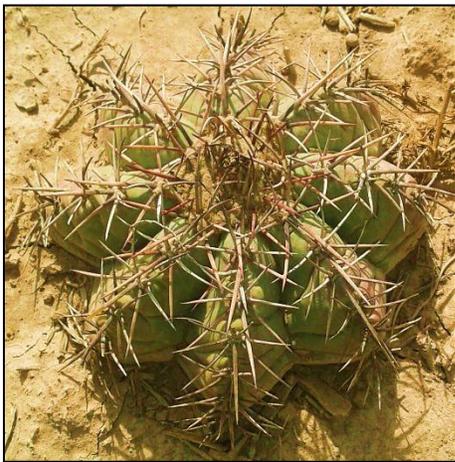


Figura 69. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Echinocactus horizonthalonius* en las diferentes parcelas.



En el primer monitoreo de *Echinocactus horizonthalonius*, esta especie mostro un notable descenso en el número de individuos vivos, pasando de 293 a 252 ejemplares, bajando de un 100 a un 86 % de sobrevivencia del trasplante al primer monitoreo. En este monitoreo los datos obtenidos si mostraron diferencia significativa, teniendo una diferencia de un 31 % entre el mayor y el menor índice de sobrevivencia, la parcela experimental número seis mostró los mejores resultados con un 98% de sobrevivencia, a diferencia de la parcela experimental número cinco donde se obtuvo el porcentaje de sobrevivencia menor (67%).

En el segundo monitoreo el índice de mortalidad fue muy bajo, ya que se obtuvo una media del 3.2 %, la parcela experimental con el mayor resultado fue la número

cuatro con un 6.55 % y la parcela con el resultado menor fue la número dos con un 0 %.

El índice de sobrevivencia para el monitoreo número tres aumentó a un 6 %, y tres parcelas presentaron índices muy altos con un 8 %, mientras que la parcela número tres presento 1.7 %. Lo mismo que sucedió con *Coryphantha radians* donde las plantas que sufrieron estrés y problemas de adaptabilidad poco después del trasplante son las que tienen los mayores problemas de sobrevivencia en estas fechas.

Esta especie presentó nueve individuos muertos en el cuarto monitoreo de los 216 sobrevivientes, presentando mayor porcentaje de mortalidad las parcelas número cuatro y cinco con 4.9 y 8.8 % respectivamente, pero en la parcela número uno y dos no hubo individuos muertos, lo cual nos confirma que aquellas plantas que si sufren de estrés despues del trasplante tienen mayores problemas de adptabilidad y por consecuente de sobrevivencia.

En este ultimo monitoreo la media del porcentaje de mortalidad disminuyó un 1.45 %, ya que paso de un 3.25 a un 1.8 %, para esta especie el porcentaje mas alto de sobrevivencia fue de un 87 % presentado en la parcela seis. El porcentaje mayor de mortalidad fue de un 3.62, mientras que en el monitoreo anterior fue de un 8.84 %, cabe mencionar que dos parcelas mostraron un 0 % de mortalidad (Figura 69).

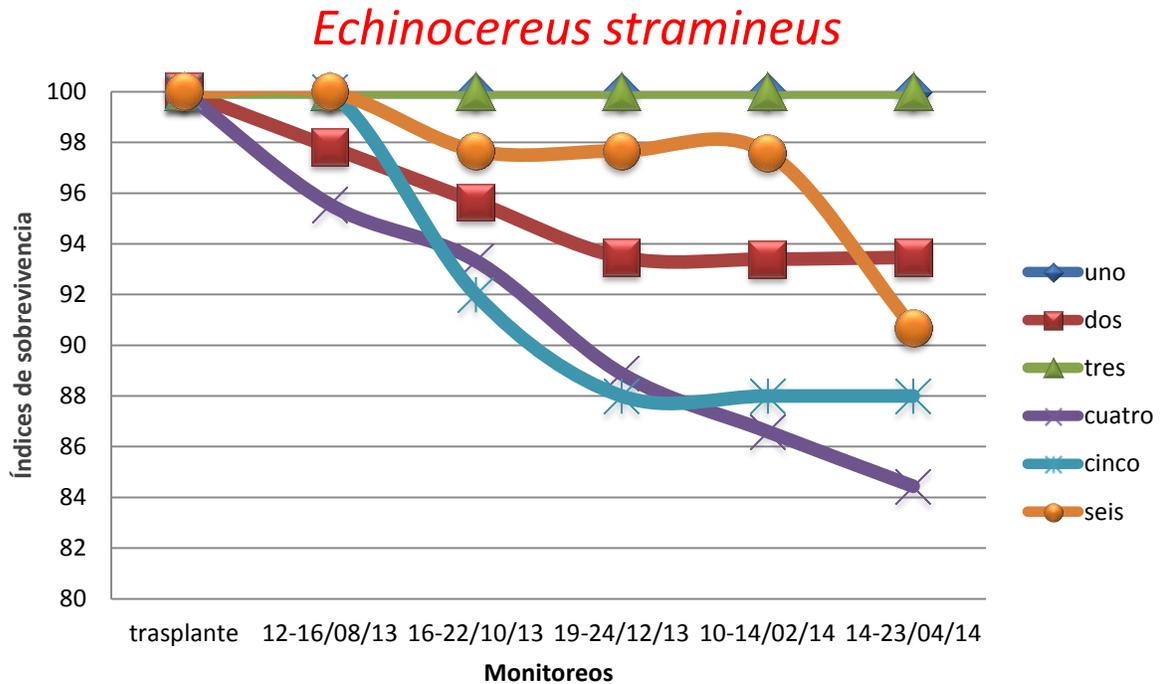
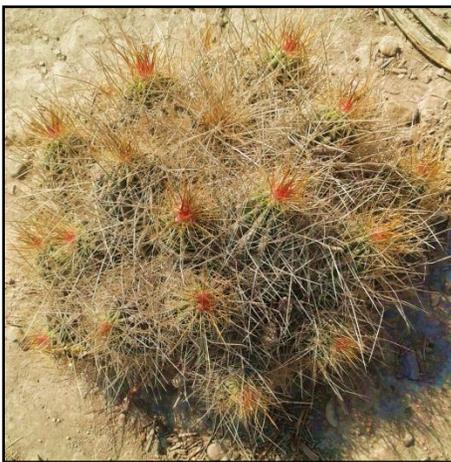


Figura 70. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Echinocereus stramineus* en las diferentes parcelas.



De las especies con un mayor número de individuos trasplantados en las diferentes parcelas, *Echinocereus stramineus* fue la que presentó el mayor índice de sobrevivencia (99%) en el primer monitoreo, lo que significa que esta especie tiene una mayor capacidad de tolerancia a diferentes condiciones como tipo de suelo, radiación solar, altitud, precipitación, etc.

Los resultados arrojados en el primer muestreo no mostraron diferencia significativa entre los seis tratamientos, esta especie no presentó ningún individuo muerto en las parcelas 1,3,5 y 6, presentando un 100 % de sobrevivencia, la parcela que arrojó el menor índice fue la número cuatro donde presentó dos individuos muertos que equivale a un 96 % de sobrevivencia.

Esta es una de las especies más resistente al cambio de hábitat, mostrando en dos parcelas un 100 % de sobrevivencia y la parcela con los resultados más bajos un 88 %; sin embargo, en las parcelas cuatro y cinco las plantas presentan algún tipo de coloración debido al estrés causado por el cambio de condiciones climáticas.

En el cuarto monitoreo se puede afirmar que esta especie al igual que *Coryphantha radians* ya presenta una adaptación a los factores climáticos de su nuevo hábitat, ya que solo se contabilizó la pérdida de un solo individuo en la parcela número cuatro de los 230 individuos sobrevivientes.

Es este último monitoreo se contabilizaron 4 individuos muertos, tres en la parcela seis y uno en la parcela cuatro, pero en las parcelas uno y tres no se presentaron individuos muertos lo que representa que estas parcelas presentaron porcentajes de sobrevivencia para estas especies de un 100 %.

Si bien en el monitoreo anterior se contabilizó solo un individuo muerto, algunos que presentaron problemas con hongos se les cortó las partes dañadas y se les aplicó un fungicida sistémico (tecto 60), pero algunos no resistieron al patógeno (Figura 70).

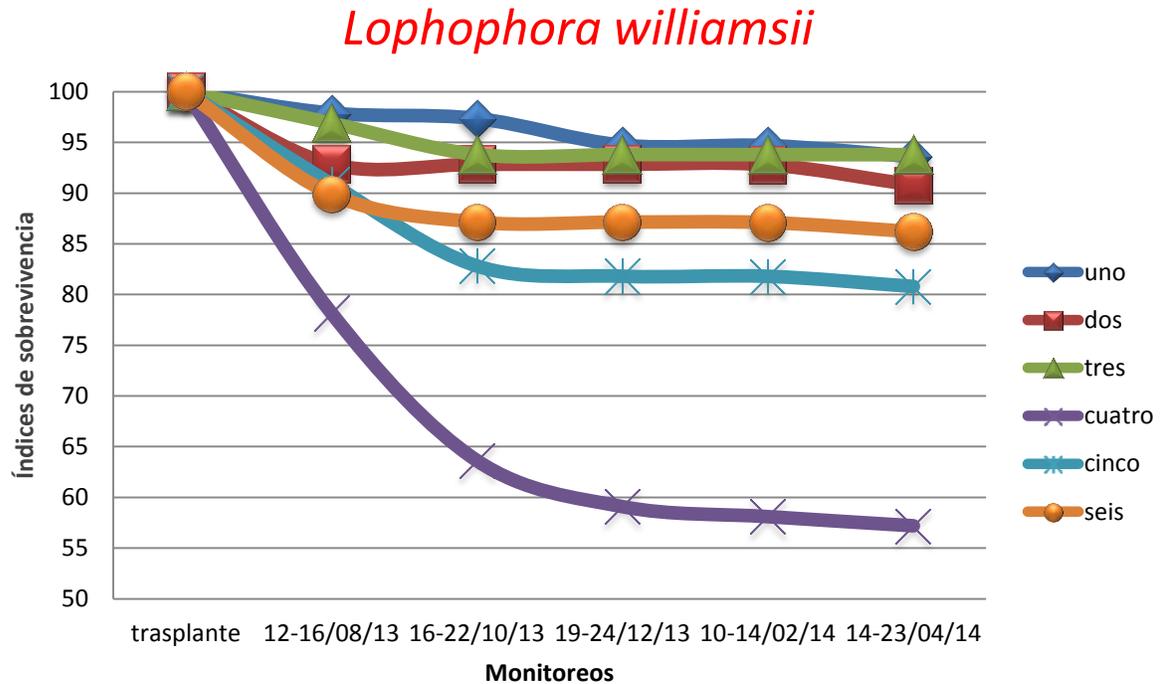


Figura 71. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Lophophora williamsii* en las diferentes parcelas.



Lophophora williamsii es la segunda especie que cuenta con el mayor número de individuos trasplantados en las parcelas, y la cual tiene un porcentaje promedio de sobrevivencia de un 92 %. Cabe señalar que esta especie cuando fue rescatada varios de sus ejemplares que se trasplantaron en la parcela cuatro estaban dañados en su raíz, lo cual puede influir

negativamente en el porcentaje de sobrevivencia, se espera que esta especie para el segundo monitoreo se mantenga en este porcentaje debido a que los individuos que sobrevivieron son los individuos sanos. El mejor tratamiento para esta especie fue la parcela número uno, con un 97.8 % y la que obtuvo los menores resultados fue la parcela número cuatro con un 78.1 %.

Para el segundo monitoreo en las parcelas cuatro y cinco esta especie mostró un descenso considerable en la sobrevivencia disminuyendo un 14 y un 8 %, ya para el tercer monitoreo los índices se estabilizaron obteniendo en tres parcelas un cero % de mortalidad y en la parcela número cuatro y cinco que se venían obteniendo resultados muy altos de mortalidad se registró un 4.5 y un 1 % respectivamente.

En el cuarto monitoreo se registró el índice de mortalidad más bajo de todos los monitoreos (un solo individuo muerto de los 603 sobrevivientes), esta especie mostro una media en descendencia, ya que del primer monitoreo al cuarto, se obtuvo un registro de un 8.25, 4.8, 1.7 y un 0.1 % de mortalidad respectivamente.

Los individuos muertos contabilizados en el quinto monitoreo fueron 6 de los 602 individuos sobrevivientes, lo que representa un aumento del 0.7 en el porcentaje de mortalidad, para esta parcela el mejor resultado se presentó en las parcelas número 3 y cuatro con un 94 % de sobrevivencia.

Según Pérez, G. 2010 que trabajo con reproducción de plantas in vitro utilizando diferentes hormonas para el enraizamiento de esta especie, en el tiempo de aclimatación presento un porcentaje de sobrevivencia de un 88 % en condiciones de vivero, en este experimento los resultados fueron mayores ya que el mejor tratamiento (parcela uno) presentó un 94 % en sobrevivencia (Figura 71).

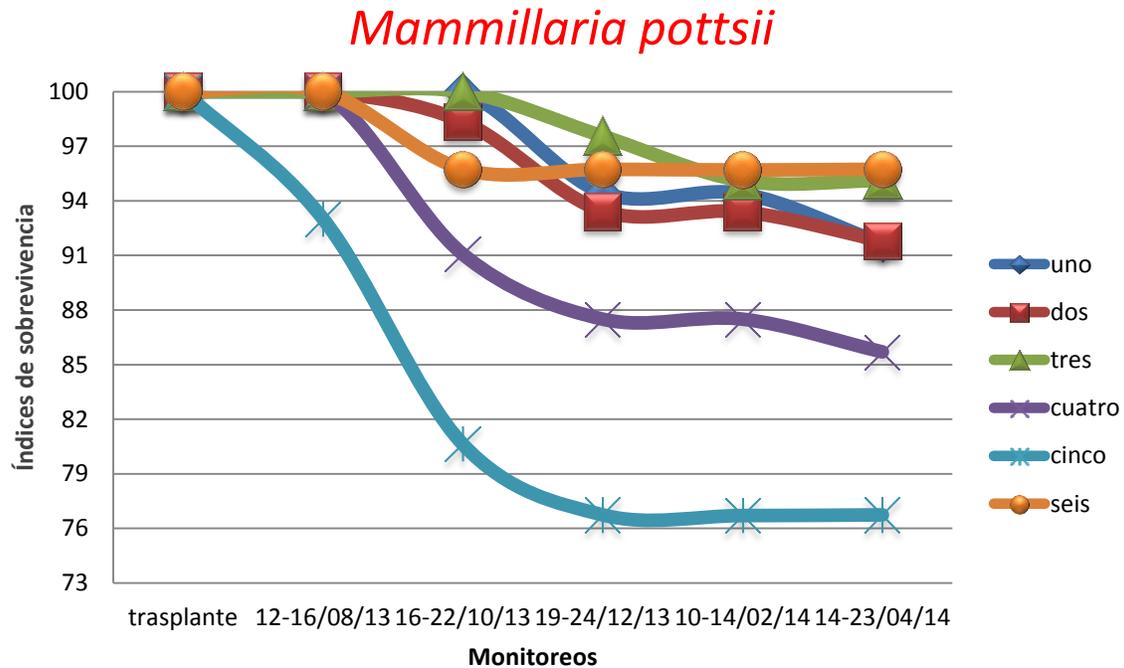


Figura 72. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Mammillaria pottsii* en las diferentes parcelas.



Mammillaria pottsii fue la especie que presento mayor homogeneidad entre los tratamientos, teniendo un 100 % de sobrevivencia en todas las parcelas excepto en la número cinco que presento un porcentaje de 93 %.

En el segundo monitoreo también esta especie mostro problemas en las parcelas cuatro y cinco ya que de un 100 y un 93 % obtenido en el primer monitoreo, se redujo la sobrevivencia a un 91 y un 81 %.

Para el tercer monitoreo los resultados fueron de entre un 0 y un 5.5 % de mortalidad, por lo que se espera que en siguiente muestreo el índice de mortalidad más alto sea de un 3 %.

Del tercero al cuarto monitoreo solo se presentó un individuo muerto en la parcela tres, lo que representó un porcentaje de mortalidad de un 2.46. Las cinco parcelas

restantes no mostraron ninguna disminución en el porcentaje de sobrevivencia. Para el quinto monitoreo la media fue del 1 %, la parcela con el porcentaje más alto fue de 2.7 (un individuo muerto) y tres parcelas presentaron un 0 %. Las parcelas que presentaron los mejores resultados en la sobrevivencia fue la número seis con un 96 % y la número tres con un 95 % (Figura 72).

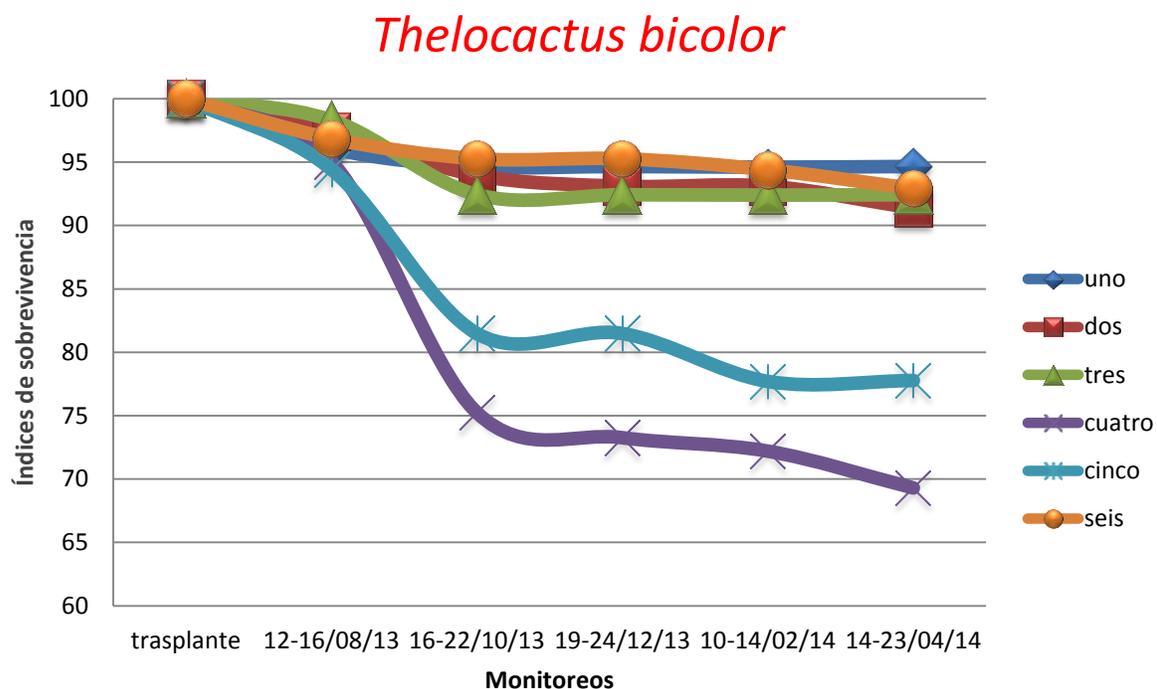


Figura 73. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Thelocactus bicolor* en las diferentes parcelas.



Thelocactus bicolor es una especie difícil de adaptarse en condiciones fuera de su hábitat debido a que en los ensayos anteriores esta especie fue una de las que presentó los mayores índices de mortalidad, lo que no sucedió en estos tratamientos debido a que esta, presentó un porcentaje entre un 94.4 y un 98.3 % de sobrevivencia, siendo la parcela número cinco la que obtuvo el menor resultado y

la tres el mayor respectivamente. Esta especie es la que presenta el mayor número de ejemplares en las parcelas experimentales, se trasplantaron 798 individuos y para el primer monitoreo contaba con un total de 770, teniendo un promedio de sobrevivencia de un 96 %.

En el segundo monitoreo esta especie registró índices de mortalidad de un 19 y un 13 %, lo cual a pesar de ser altos, estos resultados no son tan malos, debido a que ésta especie es la más vulnerable al cambio de hábitat, y lo mejor es que mostro una muy buena adaptación al exceso de humedad ya que en el tercer monitoreo los resultados oscilan entre un cero y un dos % de mortalidad.

En el cuarto monitoreo se contabilizaron solo cuatro individuos muertos distribuidos en las parcelas cuatro, cinco y seis de los de los 723 sobrevivientes. Las parcelas uno, dos y tres no mostraron ningún descenso en la mortalidad desde el tercer monitoreo.

Para este quinto monitoreo las parcelas uno, tres y cinco presentaron un cero en el porcentaje de mortalidad, este porcentaje se ha obtenido desde el tercer monitoreo, lo que nos indica que esta especie presenta una muy buena adaptación en estos tres sustratos.

Como resultado final cuatro parcelas mostraron porcentajes mayores al 91 % en la sobrevivencia (la número uno presento los mejores resultados con un 95 %), los cuales son resultados demasiados elevados para los problemas que presenta esta especie en el proceso de adaptación, ya que es muy sensible a sufrir problemas de estrés durante el trasplante, problemas de pudrición en tiempo de lluvias, y muy sensible al exceso de radiación solar (Figura 73).

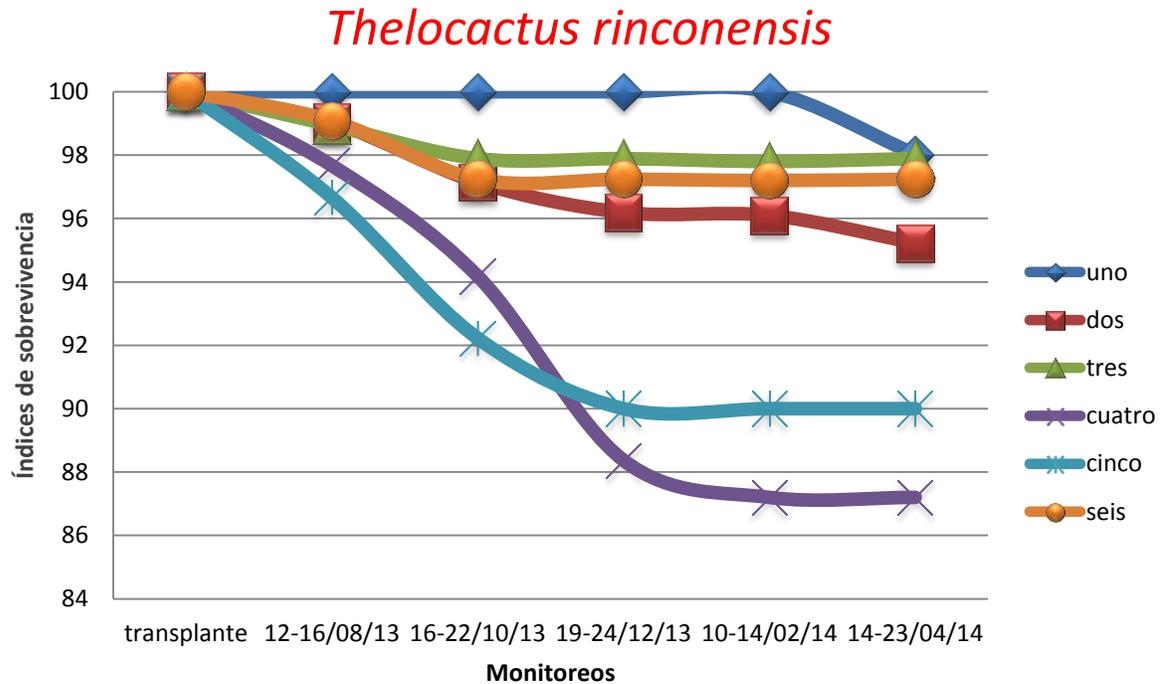
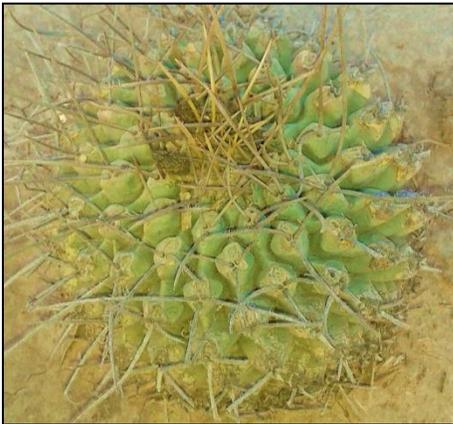


Figura 74. Comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de *Thelocactus rinconensis* en las diferentes parcelas.



Los datos obtenidos de *Thelocactus rinconensis* en el primer muestreo no mostraron diferencia estadística significativa, pero en valores absolutos la mejor parcela para esta especie fue la número uno presentando el 100% de sobrevivencia.

Thelocactus rinconensis a diferencia de todas las demás especies antes descritas en el segundo monitoreo obtuvo resultados muy aceptables en todas las parcelas, mostrando índices de mortalidad de entre un 0 y un 4.5 %, y ya en el tercer monitoreo fue donde esta especie mostró el índice de mortalidad más alto que fue de un 5.8 %, pero en tres parcelas se obtuvieron índices de mortalidad de un 0 %.

En el monitoreo número cuatro solo se presentó un individuo muerto en la parcela cuatro, en este muestreo se obtuvo una media en las seis parcelas de un 0.2 % de

mortalidad, este resultado fue mucho más bajo que el obtenido en el monitoreo tres (1.6%), esta especie es una de las más resistentes a condiciones adversas ya que presenta lo mejores resultados comparados con las otras especies analizadas en el programa estadístico.

En el quinto monitoreo la mortalidad aumento un 0.8 % (lo que en valores reales son dos individuos muertos), esto indica que esta especie se adapta muy rápido ya que no mostro índices altos de mortalidad en ningún monitoreo. Los porcentajes finales más altos de sobrevivencia fueron arriba del 95 % y los presentaron cuatro parcelas, mostrando el resultado mayor las parcelas uno y tres con un 98 %. Esta especie es la que presenta mayor adaptación comparada con las otras especies analizadas, presentando una media de sobrevivencia del 94 % (Figura 74).

Cabe señalar que solo se analizaron en el diseño estadístico los datos de siete especies de las 25 que se encuentran en las parcelas, debido a que los datos de las especies restantes no eran representativos, ya que estas tenían un número muy bajo de individuos por parcela.

Sobrevivencia de especies por parcela experimental

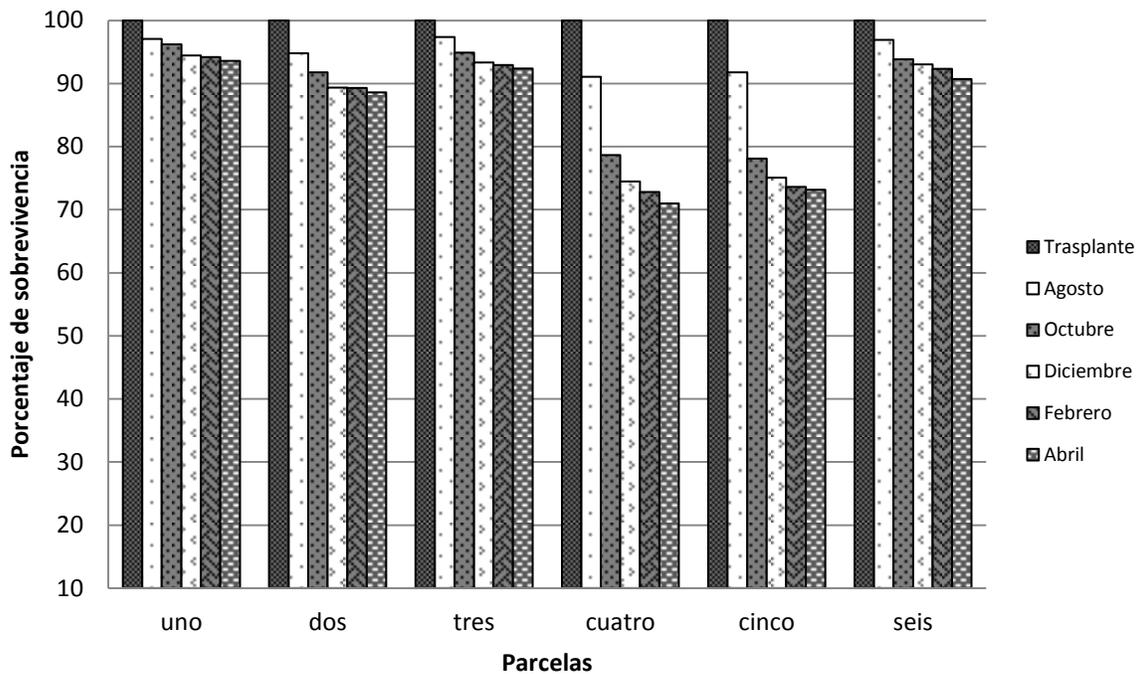


Figura 75. Comparación del porcentaje de sobrevivencia de cada parcela experimental durante cada monitoreo.

En el índice de sobrevivencia contemplando todas las especies que se encontraban trasplantadas en cada parcela, la que presento los mejores resultados fue la parcela experimental número tres con un 97.6 % de sobrevivencia, esta parcela solo presento una pérdida de 17 individuos de 731 trasplantados, en esta parcela se observó una aclimatación casi inmediata de las especies, al no presentar problemas de coloración, deshidratación, plagas o enfermedades. La parcelas que arrojaron los resultados más bajos fueron la número cuatro y cinco con un 91.2 y un 91.7 %, cabe señalar que en estas parcelas algunas plantas que sobreviven, presentan problemas de coloración, debido a que la planta que se utilizó como especie nodriza (sotol), no le ha brindado la protección de la radiación solar que se esperaba a las cactáceas. Durante este muestreo se tiene una media de mortalidad del 5.1 %.

Para el segundo monitoreo las parcelas que presentaban mayores problemas de mortalidad, fueron la cuatro y cinco, las cuales presentaron un aumento en los

valores pasando de un 8 % en el primer monitoreo a un 12 % en el segundo (20 % acumulado en los dos monitoreos), lo que nos indica que las plantas muestran mayor tolerancia al exceso de radiación solar que al exceso de humedad, debido a que cuando presenta problemas de radiación, la planta muestra poco a poco síntomas de coloración, pero cuando hay problemas de humedad la planta muere rápidamente debido a pudriciones en algún órgano, cuando se presentan estos síntomas, se le retira la cubierta dañada y se le aplica un fungicida sistémico para prevenir la infección por hongos, pero en muchos casos la planta no se recupera. Las plantas que sufrieron algún tipo de estrés (exceso de radiación) en los meses de marzo-agosto fueron las más vulnerables a pudriciones en los meses de septiembre-octubre y la media de mortalidad aumento a un 6.6 % en este monitoreo.

Para el tercer monitoreo la media del índice de mortalidad bajo considerablemente a un 2.2%, mostrando resultados que van de un 0.7 a un 4.1 % teniendo nuevamente los resultados más altos las parcelas cuatro y cinco. En los últimos días del mes de noviembre se volvieron a presentar lluvias durante varios días pero estas no afectaron fuertemente los índices de sobrevivencia como en el monitoreo dos, por lo que las plantas que sobrevivieron fueron las plantas que estuvieron expuestas a menor estrés por lo tanto presentaron mayor resistencia y adaptabilidad.

En términos generales en el cuarto monitoreo lo resultados fueron excelentes presentando una media muy baja del 0.09, mostrando un intervalo que va de un 0 a un 1 % (lo que representa de cero a 12 individuos muertos por parcela), teniendo los resultados más altos al igual que en los otros monitoreos las parcelas cuatro y cinco. Hasta este cuarto monitoreo tres parcelas todavía presentan resultados arriba del 90%, teniendo los mejores resultados la número uno con un 94.2 %.

En el último monitoreo realizado se observó una mayor adaptación por parte de todas las especies en las parcelas uno, tres y seis donde además de tener los resultados más altos, en estas parcelas se presentaron muy pocas plantas con algún tipo de estrés (coloración por radiación solar, pudriciones de macollos por

exceso de humedad, plagas y enfermedades). En este último monitoreo se esperaba una tendencia menor comparado con el monitoreo anterior en cuanto a mortalidad, aunque aumento de un 0.09 a un 0.3 % los resultados fueron muy buenos, ya que esto indica una adaptación por parte de todas las plantas (Figura 75).

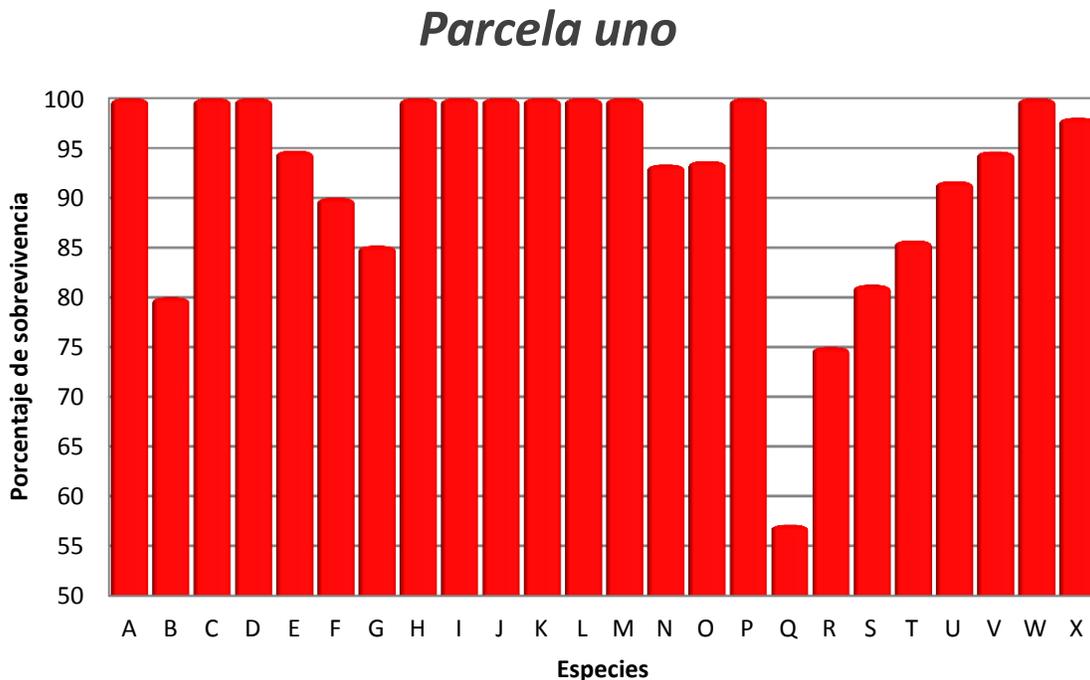


Figura 76. Resultado del porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela Uno donde *A-capricorne*, *B-scheeri*, *C-echinus*, *D-poselgeriana*, *E-radians*, *F-pseudoechinus*, *G-horizontalonius*, *H-pectinatus*, *I-reichenbachii*, *J-stramineus*, *K-bokei*, *L-micromeris*, *M-hamatacanthus*, *N-fricii*, *O-williamsii*, *P-candida*, *Q-coahuilensis*, *R-heyderi*, *S-melanocentra*, *T-pachycylindrica*, *U-pottsii*, *V-bicolor*, *W-phymatothele*, *X-rinconensis*.

Los porcentajes de sobrevivencia del primer muestreo comparado con el número de individuos trasplantados. En esta parcela 16 especies de las 24 trasplantadas presentaron el 100 % de sobrevivencia, y solo tres especies presentaron un índice menor al 90 %. Las especies que presentaron algún tipo de coloración después del trasplante fueron *Mammillaria heyderi* y *Lophophora williamsii*, pero solo en

heyderi repercutió negativamente en el índice de sobrevivencia bajando a un 75 % y *Lophophora williamsii* se mantuvo con un 94 %.

Hasta el cuarto monitoreo 12 especies de las 24 contabilizadas presentan un 100 % de sobrevivencia, seis especies de un 90-100 %, cuatro de 80-90 % y solo dos especies presentan los resultados más bajos que son del 70 al 80 %. Los géneros que más han sufrido los índices más altos de mortalidad son *Ancistrocactus* y *Mammilaria*.

En el último monitoreo realizado un año después del trasplante, 11 especies mantuvieron el 100 % de sobrevivencia, once especies un porcentaje mayor del 80 % y solo una especie presento un índice de sobrevivencia menor a un 70 % (*Mammillaria coahuilensis*). En esta parcela fue donde se obtuvieron los índices de sobrevivencia más altos por parte la mayoría de las especies, ya que el 92 % presento índices de sobrevivencia mayores al 80 % (Figura 77).

Parcela dos

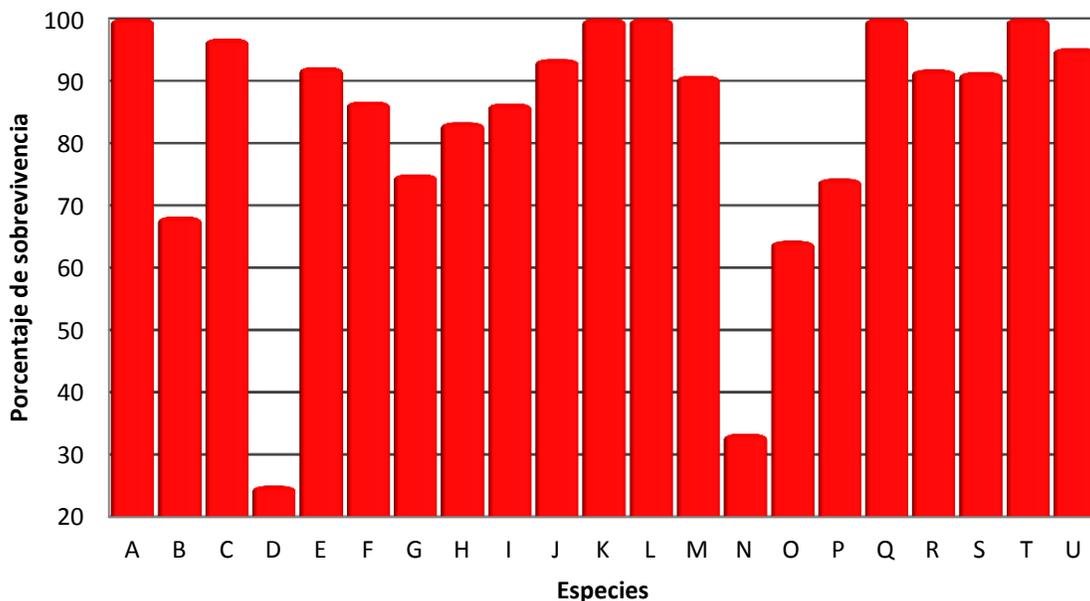


Figura 77. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela dos donde A-*capricorne* B-*scheeri*, C-*conoidea*, D-*poselgeriana* E-*radians*, F-*pseudoechinus*, G-*horizonthalonius*, H-*pectinatus*, I-*reichenbachii*, J-*stramineus*, K-*hamatacanthus*

L-fricii, *M-williamsii*, *N-coahuilensis*, *O -heyderi*, *P-melanocentra*, *Q-pachycylindrica*, *R-pottsii*, *S-bicolor*, *T-phymatothele*, *U-rinconensis*.

Varios de los individuos plantados de las diferentes especies, al poco tiempo de ser trasplantados presentaron síntomas de coloración o pudrición en uno o más de sus macollos, lo que causo necrosis en el individuo pero no la pérdida total del mismo. En esta parcela durante el monitoreo tres, solo cinco especies presentaron un 100 % de sobrevivencia, ocho especies un índice mayor del 90 % y seis obtuvieron un porcentaje menor del 80 %.

Cinco especies todavía presentan el 100 % de sobrevivencia hasta el cuarto monitoreo, 8 especies de un 90-99 % y dos especies presentan resultados muy bajos con un 25 y un 33 % (*poselgeriana* y *coahuilensis*). En este monitoreo no se contabilizo ningún individuo muerto, siendo esta la única parcela que presento un 0 % de mortalidad.

Para el quinto monitoreo los resultados siguieron siendo similares, cinco especies desde el tercer monitoreo todavía presentan un 100 % de sobrevivencia y se contabilizaron solo siete individuos muertos pertenecientes a los géneros *Echinocereus*, *Lophophora* y *Mammillaria*, los cuales no se vieron afectados ya que estos presentan índices de sobrevivencia mayores al 85 % (Figura 78).

Parcela tres

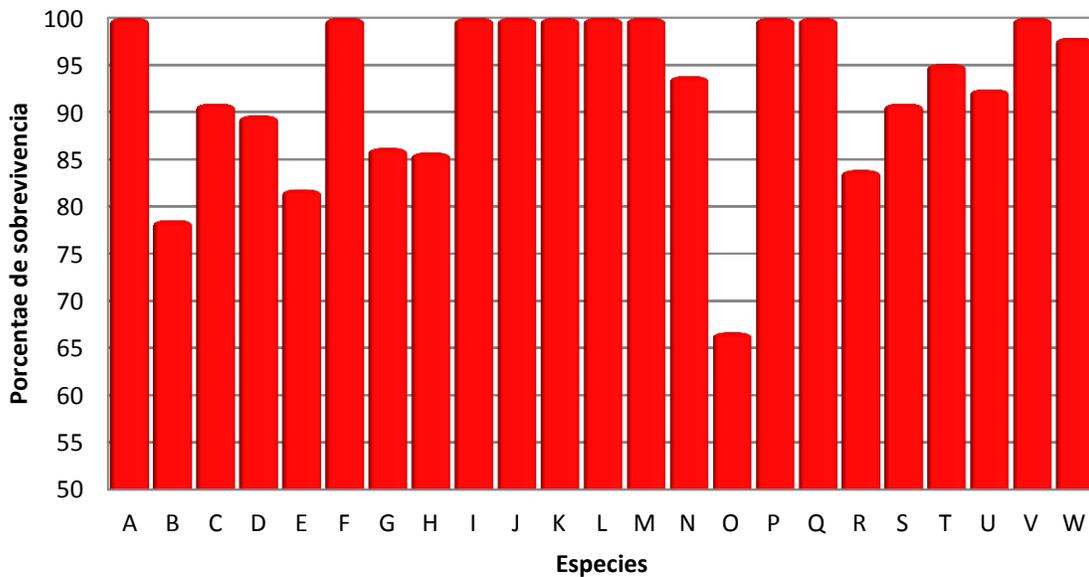


Figura 78. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela tres donde *A-capricorne*, *B-scheeri*, *C-conoidea*, *D-radians*, *E-speciosa*, *F-pseudoechinus*, *G-horizonthalonius*, *H-pectinatus*, *I-reichenbachii*, *J-perbellus*, *K-stramineus*, *L-hamatacanthus*, *M-fricii*, *N-williamsii*, *O-coahuilensis*, *P-formosa*, *Q-heyderi*, *R-melanocentra*, *S-pachycylindrica*, *T-pottsii*, *U-bicolor*, *V-phymatothele*, *W-rinconensis*.

Esta es la parcela que presento los mayores índices de sobrevivencia en cuanto a las especies en general en el primer monitoreo, aquí 16 especies presentaron el 100 % de sus individuos vivos, 7 especies un porcentaje mayor al 90 % y solo una presento valores por debajo del 70 %.

En el monitoreo dos, el porcentaje de sobrevivencia disminuyo, ahora presentando 14 especies el 100 % de sobrevivencia y nueve especies porcentajes mayores del 90 %. Para el tercer muestreo 10 especies presentaron un 100 % de sobrevivencia, 9 un índice mayor al 90 % y cinco especies valores menores que el 80 %. En lo que va del tercer monitoreo esta parcela fue la segunda con mejores resultados, siendo superada solo por la parcela número uno.

En esta parcela durante el monitoreo cuatro solo tres especies de las 23 trasplantadas presentaron un individuo muerto (*speciosa*, *horizonthalonius* y *pottsii*), lo cual no afecta el índice de sobrevivencia de las misma, las cuales 17 especies presentan un porcentaje mayor del 90 % y solo dos tienen un índice de entre un 65 y un 80 %.

Para el monitoreo cinco se contabilizaron cuatro individuos muertos, un individuo más que en el monitoreo anterior y 16 especies continúan presentando índices de sobrevivencia mayores al 90 % y solo una especie presenta números menores del 70 % (Figura 79).

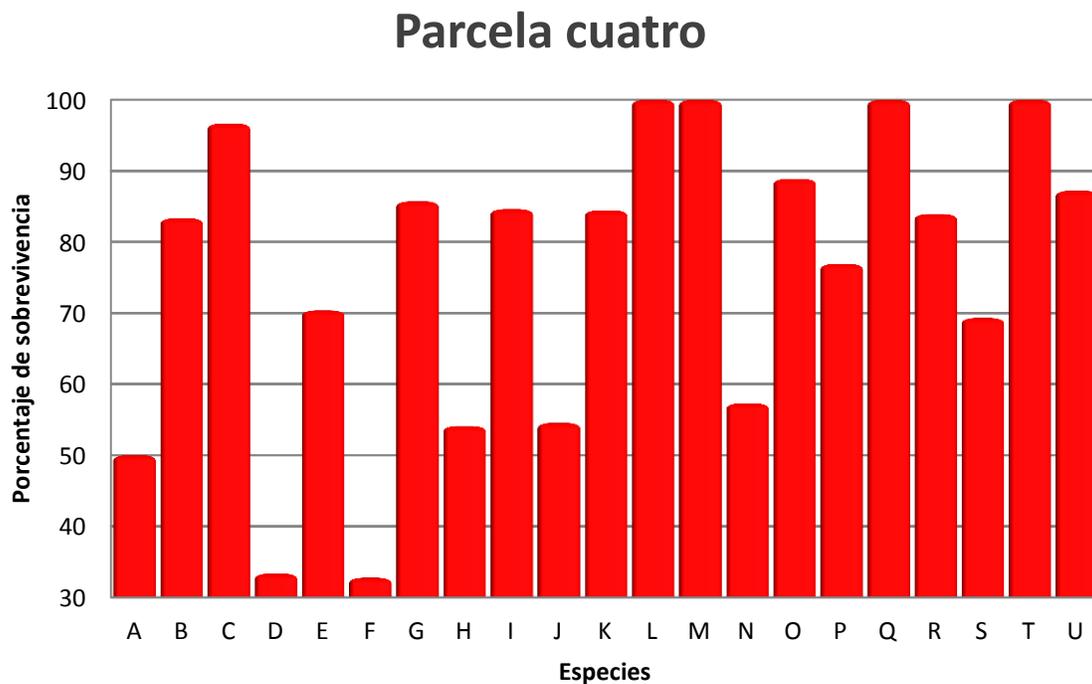


Figura 79. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela cuatro donde A-*capricorne*, B-*scheeri*, C-*conoidea*, D-*poselgeriana* E-*radians*, F-*speciosa*, G-*pseudoechinus*, H-*horizonthalonius*, I-*pectinatus*, J-*reichenbachii*, K-*stramineus*, L-*hamatacanthus*, M-*fricii*, N-*williamsii*, O-*heyderi*, P-*melanocentra*, Q-*pachycylindrica*, R-*pottsii*, S-*bicolor*, T-*phymatothele*, U-*rinconensis*.

En el primer monitoreo 16 especies presentaron índices de sobrevivencia mayor que el 90 % pero varias especies presentaron índices muy bajos (5 sp. Valores por debajo del 85 %) comparados con los resultados obtenidos en las otras parcelas, pero cabe señalar que en esta se trasplantaron muchos individuos que tenían problemas en su raíz (*horizonthalonius*) o que eran de tamaño muy pequeño (*williamsii*, *speciosa*), también debido a que en las parcelas anteriores ya no había lugar o por cuestión de tiempo laboral, estas se tenían que dejar secar un día más o trasplantarse en un surco, después sacarlas para trasplantarlas ya en un lugar fijo, lo cual causaba un mayor estrés a la planta.

Para el segundo monitoreo los índices de sobrevivencia continuaron en descenso, ahora solo diez especies presentaron índices mayores al 90 %, siete especies entre el 70 y el 89 %, y cinco presentaron rangos entre el 65 % y el 30 %.

Ya para el cuarto monitoreo solo seis especies presentaron un porcentaje mayor al 90 %, pero seis especies mostraron índices extremadamente bajos (menor que un 70 %) las cuales fueron *Astrophytum capricorne*, *Coryphantha poselgeriana*, *Coryphantha speciosa*, *Echinocereushorizonthalonius*, *Echinocereus reichenbachii* y *Lophophora williamsii*, cabe señalar que estas especies a excepción de *Coryphantha speciosa* son altamente adaptables, lo que nos indica que el estrés al que fueron sometidas a la hora del trasplante influyó directamente en la sobrevivencia de la planta.

En esta parcela para el monitoreo cinco se contabilizaron 13 individuos muertos; y 12 especies presentan porcentajes mayores al 80 %, pero siete especies presentan porcentajes menores al 50 %. En este monitoreo se presentó una media de mortalidad de un 1.81 % pero a pesar de que esta es la parcela con los resultados más bajos, la tendencia ya muestra una estabilización de los resultados desde el cuarto monitoreo (Figura 80).

Parcela cinco

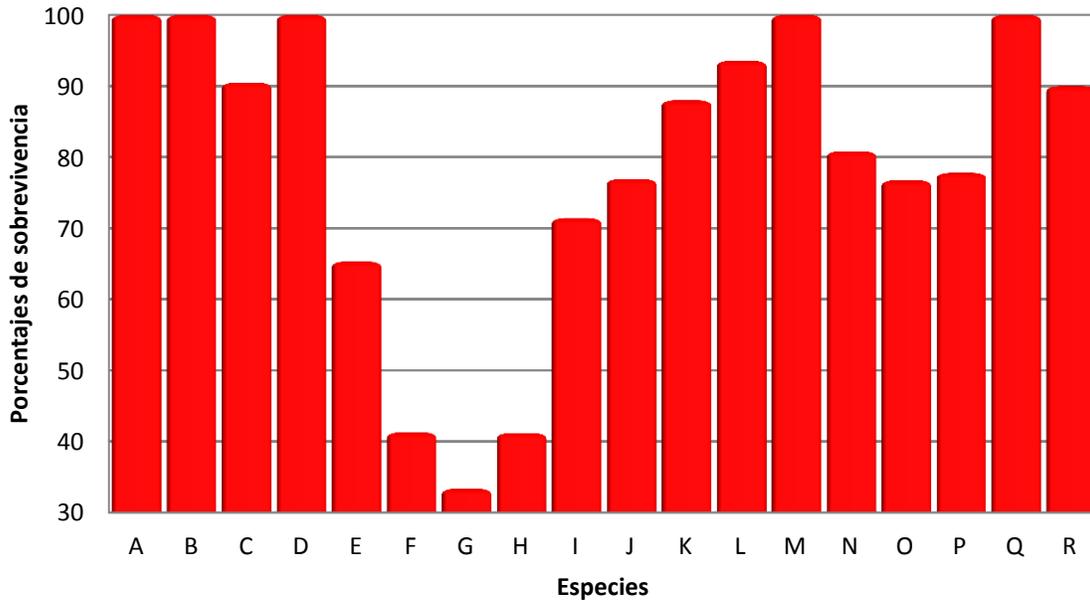


Figura 80. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela cinco donde *A-capricorne*, *B-scheeri*, *C-conoidea*, *D-posalgeriana*, *E-radians*, *F-speciosa*, *G-pseudoechinus*, *H-horizonthalonius*, *I-pectinatus*, *J-reichenbachii*, *K-stramineus*, *L-hamatacanthus*, *M-fricii*, *N-williamsii*, *O-pottsii*, *P-bicolor*, *Q-phymatothele*, *R-rinconensis*.

A pesar que en esta parcela 18 especies presentaron valores mayores del 80 % de sobrevivencia y una especie presentó índices menores que el 70 %, esta fue junto con la parcela cuatro de las que mostraron los índices más bajos. Ya para el monitoreo dos solo 14 especies mostraron valores mayores del 80 % pero cinco especies se encontraban por debajo del 70 % de sobrevivencia.

Para el tercer monitoreo esta parcela arrojó los datos más bajos donde cinco especies mostraron un porcentaje de sobrevivencia menor de un 70 %. Donde la especie *Coryphantha speciosa* fue la que presentó el menor resultado, perdiendo 72 de los 126 individuos trasplantados, esta es una de las especies que presenta mayores problemas de adaptabilidad, debido principalmente a que sus ejemplares son muy pequeños (la mayoría no pasa de 4 cm), además de que el sustrato (Leonardita) no ayudó a la adaptación de la planta, ya que en tiempos de sequía

esta se calienta demasiado y a la hora del riego no retiene la humedad que se esperaba, y en tiempo de lluvias tampoco presentó una retención de humedad.

Del tercero al cuarto monitoreo se contabilizaron 10 individuos muertos, y parece que el comportamiento de la tasa de mortalidad empieza a estabilizarse, ya que del monitoreo dos que presentó el pico más alto, los porcentajes han disminuido hasta un 8.2 % la mortalidad este monitoreo.

En los monitoreos anteriores esta parcela junto con la número cuatro presentaban los índices de mortalidad más altos, pero en este último monitoreo esta parcela presento el índice más bajo, en esta parcela las especies que están por arriba del 80 % son diez, y las especies que presentan porcentajes menores del 50 % son solo dos.

No se recomienda utilizar la leonardita como mejorador de suelo en la rehabilitación de canteras (Para el caso exclusivo de cactáceas), ya que lo que nos dice la literatura sobre este material es que nos ayuda a retener humedad, función que no realizo debido a que no se observó que retuviera por un mayor periodo la humedad; también se observó que en tiempo de mucha radiación el material se encontraba muy caliente (Figura 81).

Parcela seis

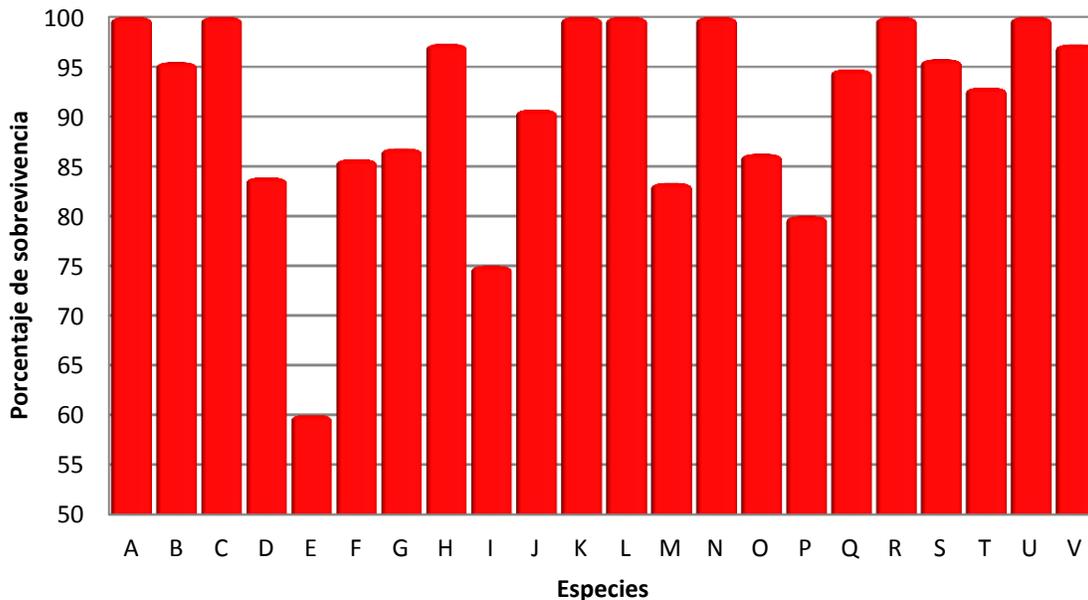


Figura 81. Porcentaje de sobrevivencia de cada especie de la parcela seis donde A-scheeri, B- conoidea, C-poselgeriana, D-radians, E-speciosa, F-pseudoechinus, G-horizonthalonius, H-pectinatus, I-reichenbachii, J-stramineus, K-bokei, L-micromeris, M-hamatacanthus N-fricii, O-williamsii, P -heyderi, Q-melanocentra, R-pachycylindrica, S-pottsii, T-bicolor, U-phymatothele, V-rinconensis.

Esta parcela fue la tercera en cuanto a mejores resultados, apenas con una media del 1.4 % menos que la parcela número uno, todas las especies mostraron porcentajes mayores del 85 %.

Los resultados del monitoreo dos, no variaron significativamente comparado con el número uno 20 especies de las 22, continuaron mostrando valores mayores del 85 % y dos especies presentaron valores entre el 60 - 75 %. En el monitoreo tres y cuatro todas las especies continuaron oscilando entre los mismos porcentajes de sobrevivencia.

En el quinto monitoreo esta parcela presento una media de 1.58 % de mortalidad, siete especies presentaron un porcentaje del 100 % de sobrevivencia, siete especies presentaron porcentajes mayores del 90 % seis especies porcentajes mayores al 80 %, y solo dos especies presentaron índices entre el 60 y el 75 %.

En esta parcela y en la número tres se espera que haya germinación de especies arbustivas debido a que en ella se utilizó tierra vegetal extraída de cantera como sustrato para el medio de trasplante de las cactáceas rescatadas, hasta el momento (abril, 2014) se contaron dos especies de *Larrea tridentata* (gobernadora) y se espera que haya más geminación por parte de diferentes especies (Figura 82).

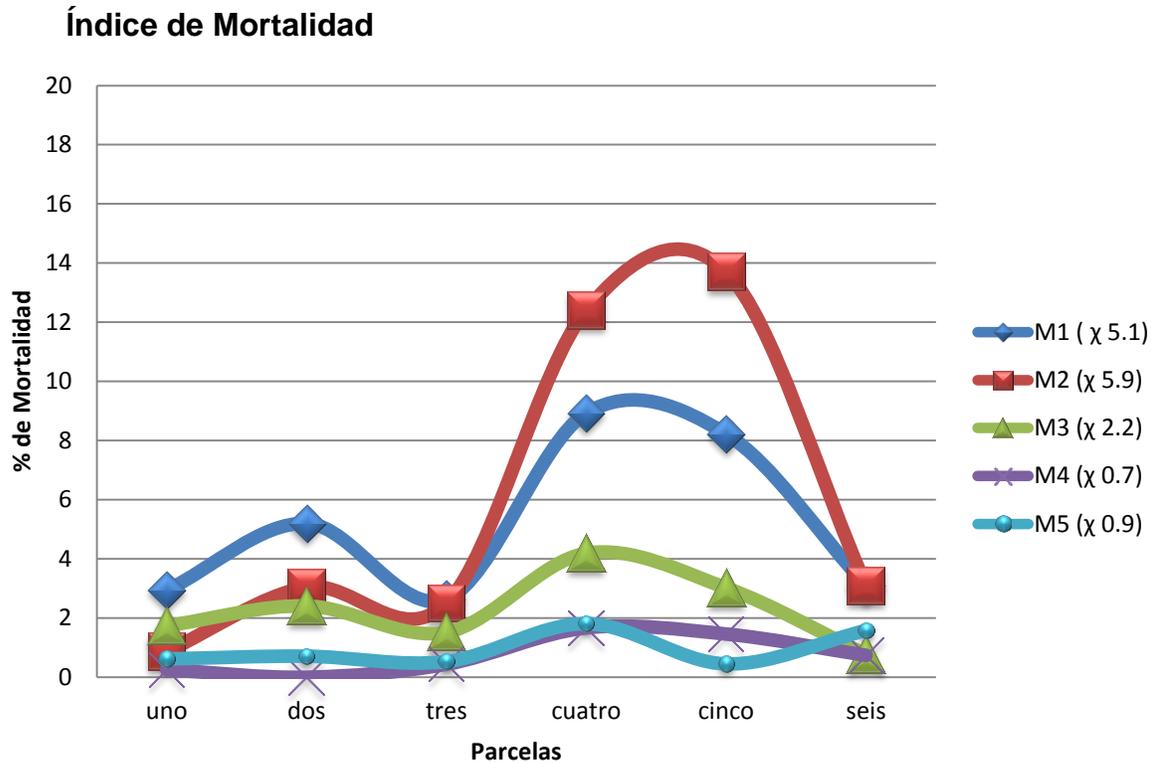


Figura 82: comportamiento de los porcentajes de mortalidad en cada parcela a través de cada monitoreo (M1: monitoreo uno - M2: monitoreo dos - M3: monitoreo tres - M4: monitoreo cuatro - M5: monitoreo cinco - χ : media de mortalidad en el monitoreo).

Como se visualiza en la gráfica, en cada monitoreo las parcelas que obtienen los índices de mortalidad más altos son las parcelas cuatro y cinco teniendo el pico más alto en el segundo monitoreo, ya para el cuarto y quinto monitoreo se redujeron considerablemente los índices y se espera que continúen así, si las condiciones climáticas no son tan adversas, ya que las plantas que sobreviven muestran una adaptación a su nuevo hábitat (Figura 76).

VII. CONCLUSIÓN

En el inventario de la zona de rescate, se contabilizaron 39,025 individuos pertenecientes a la familia de cactáceas, En los que se identificaron 10 géneros y 26 especies, de los cuales, 17 especies son de gran importancia debido a que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la CITES.

La identificación y descripción morfológica de cada especie se realizó con la ayuda de libros y folletos enfocados a las Cactáceas y su distribución en el país (Las Cactáceas de México Vol. I, II y III, CONABIO, INIFAP, SEMARNAT), explicando lo más sencillo posible las características morfológicas de las especies registradas.

Se establecieron las técnicas a seguir en la extracción de especies de cactáceas, mediante formatos que definen las fechas de extracción y trasplante, combinaciones de cada parcela, inventario y monitoreo de la sobrevivencia y mortalidad de las especies; por lo tanto se cuenta con una base de datos para el monitoreo de la zona de rescate y parcelas experimentales.

Las parcelas de prueba donde se obtuvieron mejores resultados en sobrevivencia de las especies, fueron las parcelas experimentales número 1: 93.5% (tierra, grava y sirre de caprino con malla sombra), parcela experimental 3: 92.3% (Tierra extraída de la zona donde se realizó la extracción y malla sombra) y parcela experimental 6: 90.7% (Tierra extraída de la zona donde se realizó la extracción), lo que demuestra que las técnicas de extracción, manejo curatorial, trasplante, los sustratos utilizados y la mitigación de factores como el drenaje del suelo y el exceso de radiación solar propician condiciones favorables para la pronta adaptación de la plantas. De acuerdo a los buenos resultados de las técnicas empleadas en el trasplante de cactáceas, se establecieron protocolos definitivos para las próximas extracciones de plantas, con lo que se garantice el éxito de las actividades y lo más importante la preservación del germoplasma y contribuir con la evolución de los ecosistemas de la diversidad genética.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, C., Navarro, P., Ibarra, P., Rebollar, P., Saavedra, S., Espinoza, R. 1989. Insumos para el ordenamiento ecológico de la zona árida. Instituto Nacional de Ecología. México D.F. 193 pp.
- Anderson, L., Krathwohl, R., Airasian, P., Cruickshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J., and Wittrock, M. 2001, Taxonomy for learning teaching and assessing: A revision of bloom's taxonomy, New York. 129 pp.
- Arellano, E. 2001. Manejo tradicional y variación morfológica en poblaciones silvestres y manejadas de *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber) Rose (Cactácea) en el Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia. México.72pp.
- Arias M. 1993. Cactáceas: Conservación y diversidad en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. XLIV:109-115. México, D.F.
- Arredondo G., A. 2007. El Sistema Producto Cactáceas en San Luis Potosí. Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí. México. Folleto para Productores Núm. 46. 17 pp.
- Arredondo, G. A. 2009. Estándares de calidad requeridos en la producción de cactáceas ornamentales. Folleto para Productores No 47. Campo Experimental San Luis Potosí. CIRNE-INIFAP. Soledad de Graciano, San Luis Potosí, México. 24pp.
- Arredondo G. A. 2010. Manual para la cosecha y beneficio de semilla de cactáceas ornamentales. Folleto técnico Num 38. INIFAP.San Luis Potosí, México.44pp.

- Arredondo, G., y Sánchez, B. 2007. Guía técnica para la protección y rescate de Cactáceas por eventos de perturbación. Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP, San Luis Potosí, México. Folleto técnico Num.31. 36 pp.
- Arreola, N. 1997. Formas de vida y características morfológicas, CONABIO, SEMARNAP, UNAM Y CUCC. Suculentas Mexicanas Cactáceas. CVS Publicaciones. México. 27-31 pp.
- Arthur C., Park S. Nobel 1986 The Cactus Primer. Printed in the United States of America. 286 pp.
- Bagarroza, Y., Mejía, B., Szauer Umaña, Tafur, M., Garnica, B., Cabrera y C., Guerrero, F. 1998. Guía ambiental para actividades del subsector materiales de construcción. Ministerio del medio ambiente. Bogotá, Colombia. 140 pp.
- Bailey, I. 1960. Comparative anatomy of the leaf-bearing Cactaceae, I. Foliar vasculature of Pereskia, Pereskopsis and Quiabentia. J. Arnold Arbor. 41:341-56.
- Barragán, G. 2007. Explotación a cielo abierto de materiales de construcción. Taller de capacitación para administradores y trabajadores de canteras. Pintag. Ecuador.
- Barioglio, C. 2006. Diccionario de las Ciencias Agropecuarias. Encuentro grupo editor. 496 pp.
- Blanco A., Kraus y T., Vegetti A. 2004 La hoja: morfología externa y anatomía. Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional del Litoral, 196 pp.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I. Universidad Autónoma de México, México D. F., Segunda Edición. Dirección General de Publicaciones. 743 pp.

- Bravo, H. H. y H. Sánchez M. 1991. Las cactáceas de México, Vol. II. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ed. UNAM. México, D. F. 404 pp.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México. Vols. III. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 664pp
- Bravo-Hollis, H. y L. Scheinvar. 1999. El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México. 233pp.
- Challenger, A., J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. (1): 87-108 pp.
- CITES. 1990. Apéndices I y II and III to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U.S. Fish and Wildlife Service. U.S. Department of the Interior. Washington, D. C. 25 pp.
- Díaz M., Tesoro, A., Correa, A., Ocampo, A., Ruggeri, P., y Delfino, R. 2009. Manual de salud y seguridad en trabajos de minería Buenos Aires, Argentina. 120 pp.
- Durán R., y M. Méndez 2010. Selva baja caducifolia con Cactáceas candelabroforme. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatan CICY, PPD, FMAM, CONABIO, SEDUMA, Mérida, Yucatan. México. 141-142. Pp
- Glass, C. 1998. Guía para la identificación de Cactáceas amenazadas de México. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad/Cante, México, D. F. 210 pp.
- Glass, C. y Fitz-Maurice W. 1992. Nuevas taxas de cactáceas en Nuevo León, México. Cact. Suc. Mex. 37: 11-2.
- Gibson A. and Nobel P. 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 286 pp.

- González, M. 2004. Las comunidades vegetales de México 2da. Edición Instituto Nacional de Ecología. México D.F. 187 pp.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). México D.F. 315pp.
- Herbert, H. 2008. Seguridad, salud y prevención de riesgos en minería.. Universidad politécnica de Madrid. Madrid, España. (1) 1-10 pp
- Hernandez A. 1988. Obtención de tres polimeros a partir de pitayo (*Estenocereus queretaroensis*) nopal (*Opuntia ficus*) y Sábila (*Aloe melanacantha*) y su aplicación en la potabilización del agua. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, Facultad de Agricultura. Zapopan, Jalisco, México. 70pp.
- Hernández, J., Chávez M. 2007. Diversidad y estrategia para la conservación de Cactáceas en el semidesierto Queretano. CONABIO. Biodiversitas 70:6-9 pp.
- Hernández, M., V. Alvarado y R. Ibarra. 1993. Base de datos de colecciones de cactáceas de Norte y Centroamérica. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- I.U.N.C. 1983. Rare threatened and insufficiently known endemic cacti of México. Threatened Plants Committee Botanic Gardens Conservation Coordinating Body. Threatened Plants Unit. July 83.
- Hernández H.M. y Godínez-A. H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botanica Mexicana*. México D.F. 26:33-52 pp.
- Jiménez, S., C. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Revista digital universitaria. Vol. 12. Núm. 1.
- Labahn, O. y Kohlhaas. 1985. Prontuario del cemento. Ed. Reverte, S. A. Barcelona, España. 1016 pp.

- Martínez, E. 1997. Comportamiento de un suelo xerosol haplico ante la acción de los implementos de labranza. Tesis de doctorado. Universidad autónoma de Nuevo León. Marín nuevo león, México.150pp.
- Montaña, C. (ed.). 1988. Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biósfera de Mapimí. Instituto de Ecología, A. C., México, D.F. 290 pp.
- NOM-Norma Oficial Mexicana. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial, 30 Diciembre. México D.F. 77 pp.
- Ostolaza, N. 2011. 101 cactus del Peru. Ed. Ediciones del autor. Lima,Peru.253 pp.
- Ortega-Baes P. and Godínez-Álvarez H. 2006. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15:817-827 pp.
- Pacheco, M. 1997. Cactáceas, suculentas mexicanas. CONABIO. Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. 9 (1): 17:25 pp.
- Peña, A., y Neyra, L. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) México D.F. 61:103pp
- Pérez, E., M. Pérez, E. Villalobos, E. Meza, L. Morones and Lizalde, H. 1998. Micropropagation of 21 species of Mexican Cacti by axillary proliferation Dpto. de Química, Centro de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. Plant 34.131-134 pp.

- Pérez G. C. 2010. Micro propagación de *Lophophora williamsii* (Lem. Ex. S.D.) COULT. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México.
- Rivas, M.1998. Cactáceas de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica. 88 pp.
- RodríguezG. y Apezteguia R. 1980. Cactus y otras suculentas en Cuba. Editorial científico-tecnica, ciudad de la Habana. 31 pp.
- Rivas, R. 1996. Cactáceas y suculentas del Jardín botánico Lankester. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica. 120pp.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Editorial digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Instituto de Ecología, A.C. Acta Botánica Mexicana. num14. 3-21 pp.
- SAS, Institute Inc. 2006. SAS/IML User's Guide. Version 8. SAS Institute Inc. Cary NC. 856 pp.
- Sánchez, O., E. Vega., E. Peters, O. Monroy-Vilchis. 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña de México. Ed. Instituto Nacional de Ecología. México (INECC) D.F. 315 pp.
- Scheinvar, L., Olalde, G. y D. Sule. 2011. Especies silvestres de nopales mexicanos. Universidad Nacional. Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. GE005. México D.F.
- SEDUE. 1991. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos que determinan las especies raras, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial y sus endemismos, de la flora y la fauna terrestres y acuáticas en la República Mexicana. Diario Oficial de la Federación. Tomo CDLII. No. 12: 7-12 pp.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. NOM 059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Diario Oficial*, 30 Diciembre. México 77 pp.

Señoret E., Acosta R. 2013. Cactáceas nativas de Chile. Ed. Editec Concepción, Chile. 250 pp.

Valencia, D., Flores, P., y Castillo, C. 2012. Tamaño poblacional y características del hábitat de *Mammillaria eriacantha*, una cactácea endémica del centro de Veracruz, México. *Botanical Sciences* 90 (2): 195-202pp.

Vélez, G. J. 1989. Insumos para el ordenamiento ecológico de las zonas áridas. Editorial Mundi-Prensa. 127 pp.

Toledo, M. V. 2006. Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. UNAM. Ed. Centro de investigaciones en ecosistemas y dirección general de publicaciones y fomento editorial, .México, D.F. 368 pp.