

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los cinco países con mayor diversidad biológica del mundo, entre 10 y 12% de las especies del planeta se encuentran en su territorio, sumando más de 200 mil especies, ocupa el cuarto lugar en el mundo en cuanto a riqueza de plantas, y el primer lugar en diversidad de cactáceas (Hunt, 1992; Casas, 2005). Con alrededor de 1,500 especies dentro de 100 géneros integrados en tres subfamilias (Bravo, 1978), alcanzando 563 especies en 48 géneros (la tercera parte) y con el 78% de especies endémicas (Alanís *et al.*, 2004). Las cactáceas se distribuyen en México, especialmente en la región que comprenden los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León, localizados en la porción sureste del Desierto Chihuahuense (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995 y 1996).

Para resguardar esta riqueza, se han propuesto y llevado a cabo una serie de estrategias enmarcadas en el modelo de conservación integral que implica el manejo del paisaje, de tal manera que a corto y mediano plazo se minimicen o neutralicen los efectos negativos de los seres humanos sobre la naturaleza (Feinsinger, 2003), y que tiene como fin la conservación de los individuos viviendo y evolucionando en condiciones naturales en la denominada conservación *in situ* (Falk, 1990), reconocida en el Convenio sobre Diversidad Biológica (ONU, 1993), del que México es parte y que ha tenido como efecto de su aplicación, la incorporación de aproximadamente el 10% del territorio nacional (20 millones de hectáreas), al esquema de áreas naturales protegidas (ANP'S).

En el Estado de Nuevo León, en Noviembre del 2000, el Gobernador del Estado expidió dos decretos que establecen, entre otros, las zonas de conservación ecológica ubicadas al oeste del área metropolitana de Monterrey.

No obstante para el estudio de su estructura vegetal (Dominancia y Valor de Importancia), se emplearon los resultados obtenidos de los muestreos por el método de cuadrantes (Braun Blanquet, 1945).

7.8. Diversidad Gama: Análisis Botánico y Cactológico entre Zonas y Áreas.

Para el análisis de la diversidad botánica Cactológica, se emplearon los índices de diversidad, agrupados en matrices comparativas, ya sea, de zonas altas o bajas o de zonas núcleo y de amortiguamiento, acorde a los objetivos del presente estudio.

Se realizó una matriz de comparación entre las parcelas de las áreas naturales, haciendo diferencia entre el análisis de las plantas y cactus (obtenidos mediante muestreo por cuadrantes); y el de las cactáceas (obtenido por el muestreo de cuadrantes y parcelas), mediante el empleo de los índices de Jaccard, Sørensen y Morisita analizando cada zona de manera factorial, sin repeticiones, esto es:

(1*1); (1*2); (1*3); (1*4); (2*2); (2*3); (2*4); (3*3); (3*4) y (4*4)

1= "Sierra Corral de Bandidos "zona de amortiguamiento;

2= "Sierra Corral de Bandidos "zona núcleo;

3= "Sierra Fraile y San Miguel "zona de amortiguamiento;

4= "Sierra Fraile y San Miguel "zona núcleo.

7.9. Variables Edafológicas

Con el fin de determinar el efecto de las condiciones edáficas y de altitud en las poblaciones de cactáceas de las dos ANP en estudio, se establecieron para "Sierra Corral de los Bandidos", ocho parcelas en promedio de 130 m por 20 m, para un total 2,600 m² divididas en dos zonas: Alta y baja (1,300 m² para cada una de ellas, tomando muestras de suelo cada 10 metros.

Mientras que para "Sierra Fraile y San Miguel" fueron 10 parcelas de las mismas dimensiones que las antes citadas, teniendo para ambas ANP'S un total de 18 parcelas, todas se delimitaron siguiendo el gradiente de altitud, y se les contabilizó las especies de

cactáceas y el número de individuos, para después caracterizar a las comunidades de cactáceas mediante los índices de Diversidad de Shannon-Weinner (H') de riqueza de Margalef (D_{mg}), de Dominancia (L) y de Equitatividad (E), elaborando una matriz para determinar las diferencias entre los compuestos presentes en suelo. Además, se realizó otra matriz con el fin de comparar la similitud de las comunidades de cactáceas para las 18 zonas, empleando los índices cualitativos de: Jaccard (S_j) y Sørensen-Dice (S_d); y los índices cuantitativos de: Morisita (S_M) y Bray Curtis (S_{B-C}), (Matteucci y Colma, 1992; Mueller y Ellenberg, 1974).

Se seleccionaron los compuestos de mayor relevancia para las cactáceas ($CaCO_3$ = Carbonato de Calcio; Fe_2O_3 = Trióxido de Hierro; K_2O = Dióxido de Potasio; M.O.= Materia Orgánica; MgO = Óxido de magnesio; MnO = Monóxido de Manganesio; Na_2O = Óxido de Sodio; P_2O_5 = Pentóxido de Fósforo; SiO_2 = Óxido de Silicio y SO_3 = Trióxido de Azufre), acorde con la literatura y sobre todo en base a las variaciones que entre las zonas se observaron de estos. Para lo anterior, se graficaron los valores de dichos compuestos por ANP comparando sus variaciones por transecto en zona alta y baja (Apéndices S y T; Figuras 19-23).

Una vez determinadas las variaciones de los compuestos del suelo antes citados en las zonas de las ANP'S, mediante un análisis de varianza, se relacionaron con las variantes en las poblaciones de cactáceas (riqueza abundancia, diversidad) mediante una matriz para establecer relaciones entre ellos.

8. RESULTADOS

8.1. Riqueza Florística de la “Sierra Corral de los Bandidos”

La riqueza florística de la “Sierra Corral de los Bandidos” corresponde a 145 taxa distribuidos en 105 géneros y 42 familias. Del total de taxa 85 especies (31 familias), se encuentran en la zona de amortiguamiento y 87 especies (36 familias), en la zona núcleo (Apéndices A y B). Los estratos de vegetación presentes en el ANP, corresponden a alturas promedio para la zona núcleo y de amortiguamiento de 21 cm, teniendo valores máximos de 120.5 cm (zona núcleo) y 65 cm (en zona de amortiguamiento). Las altitudes en la zona oscilaron de los 1,305 a los 1,407 msnm, para la zona de amortiguamiento y de los 1,041 msnm a los 1,155 msnm, para la zona núcleo. En el ANP predominan las familias *Cactaceae* con 32 especies, seguida de la familia *Asteraceae* con 20, *Poaceae* con 16, *Euphorbiaceae* con nueve, *Mimosaceae* con siete, *Lamiaceae* con cinco, además de *Malvaceae* y *Zygophyllaceae* con cuatro especies cada una. (Apéndice E); (Tabla 25).

Sin considerar a las cactáceas, “Corral de los Bandidos” presenta 113 taxa en 41 familias, correspondiendo a la familia *Poaceae* el 30% de los individuos muestreados (1,710) y presentando el segundo sitio en número de especies con 16 (14%), en segundo lugar la familia *Agavaceae* con el 29% en número de individuos y tan solo dos especies (2%), y la familia *Asteraceae* presentó y el tercer lugar con el 16% en número de individuos (928) y el primer lugar en número de especies con 20 (17%), por último la familia *Euphorbiaceae* presentó el tercer lugar en número de especies con nueve (8%) y con el 2% de individuos (128), (Tabla 1).

La zona de amortiguamiento del ANP, cuenta con 31 familias y 60 especies, y la zona núcleo con 36 familias y 70 especies. Existen especies y familias exclusivas, por ejemplo, las familias Adiantaceae, Amaranthaceae, Amaryllidaceae, Asclepidaceae, Caesalpinaceae, Capparaceae, Oxalidaceae, Simaroubaceae, Solanaceae y Taxaceae, solo tienen representantes para la zona núcleo, mientras que especies de las familias Commelinaceae, Fouquieriaceae, Polygalaceae, Sterculiaceae y Urticaceae solo se encuentran en la zona de amortiguamiento.

De las 113 taxa, 25 son exclusivas para la zona de amortiguamiento y 28 para la zona núcleo teniendo 60 especies compartidas. La zona de amortiguamiento presenta mayor densidad de individuos muestreados de la Familia Poaceae (37%; 14 especies), seguida de la Agavaceae (26%; 2 especies) y de la Asteraceae (17%; 16 especies). Mientras que, para la zona núcleo las familias con mayor número de especies fueron Agavaceae con el 31% (2 especies), Poaceae con el 27% (13 especies), y Asteraceae con el 16% (17 especies), (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de algunas Especies de las principales familias (sin considerar a las cactáceas) en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Corral de los Bandidos” e individuos totales considerando ambos muestreos.

Familias (No. Especies)	% ZA	% ZN	% Total	I. Totales
<i>POACEAE</i> (16)	37	27	30	1710
<i>AGAVACEAE</i> (2)	26	31	29	1647
<i>ASTERACEAE</i> (20)	17	16	16	928
<i>ACANTHACEAE</i> (3)	4	6	5	296
<i>CONVOLVULACEAE</i> (2)	1	6	4	250
<i>MIMOSACEAE</i> (7)	4	2	3	156
<i>EUPHORBIACEAE</i> (9)	2	2	2	128

Donde: No I = Individuos; ZA= Zona de Amortiguamiento; ZN= Zona Núcleo.

El estudio florístico, reporta en la zona de amortiguamiento como especie más frecuente a *Agave lecheguilla* (14%), seguida de *Viguiera stenoloba* S.F.Blake (9%) y de *Tridens muticus* Nash (7%). Así mismo *A. lecheguilla* (24%), es la especie con mayor densidad seguida de *T. muticus* (11%) y *V. stenoloba* (6%). También, *A. lecheguilla* (33%) fue el taxón con máxima dominancia, seguida de *V. stenoloba* 11% y de *Acacia*

berlandieri 9%. No obstante, la especie con mayor valor de importancia fue *A. lecheguilla* 24%, precedida de *V. stenoloba* 9% y de *T. muticus* 8%, (Apéndice A, Tabla 21). En la zona núcleo continúa siendo la especie más frecuente *A. lecheguilla* (12%), con una densidad de 29% y una dominancia de 27%, seguida por *V. stenoloba* (9%) y *T. muticus* (7%) en cuanto a frecuencia y de *T. muticus* (11%) y de *Carlowrightia pubens* A. Gray (8%) para densidad, mientras que las especies con mayores valores de importancia son: *A. lecheguilla* (27%), seguida de *V. stenoloba* (8%), *T. muticus* (7%) y de *C. pubens* (6%), (Apéndice B, Tabla 22).

El análisis de las comunidades vegetales indica que la zona núcleo presenta mayor riqueza de especies ($D_{mg} = 8.60$) Así mismo, esta zona, y contiene más diversidad ($H' = 2.96$) y por tanto su equitatividad es alta ($E = 0.73$) y por consiguiente su dominancia ($L = 0.57$) es menor, ya que la diversidad mantiene el equilibrio entre especies (Tabla 2).

Tabla 2. Algunos parámetros de diversidad en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Corral de los Bandidos”, considerando ambos muestreos para cactáceas y el muestreo por cuadrantes para todas las especies.

TAXA ZONAS	TODAS		SOLO CACTÁCEAS	
	ZA	ZN	ZA	ZN
Número de individuos	870	618	3,538	3,048
Sup. muestreada m ²	30	27	11,400	11,400
Número de especies	55	56	28	22
Distribución	29.00	22.89	0.31	0.27
Riqueza Margalef	7.98	8.60	3.30	2.62
Diversidad Shannon-Weinner	2.54	2.96	1.15	1.40
Equitatividad	0.63	0.73	0.35	0.45
Dominancia Simpson.	0.21	0.57	0.94	0.38

Donde: ZA: Zona de amortiguamiento; ZN: Zona núcleo; Sup.= Superficie.

8.1.1. Diversidad de Cactáceas (Riqueza)

El 54% de las plantas muestreadas para la sierra “Corral de los Bandidos” corresponde a cactáceas, encontrando para la zona de amortiguamiento 27 especies (18 géneros), mientras que para la zona núcleo se indican 22 taxa (13 géneros), para un total de 32 especies (15 géneros). De este total, 18 especies (9 géneros) están presentes en ambas zonas, 9 especies son exclusivas para la zona de amortiguamiento (9 géneros) y 4 especies únicas para la zona núcleo (4 géneros); (Tabla 26) (Ver Apéndice F).

Las 32 especies de cactus de “Corral de los Bandidos” muestreados en los cuadrantes y a lo largo de los transectos, citan 6,586 individuos de los cuales el 54% corresponden a la zona de amortiguamiento y el 46 % a lo zona núcleo. Nueve de estas se encuentran en alguna de las categorías de riesgo que señala la Norma Oficial Mexicana: NOM-059-ECOL-2001 (Tabla 3); (Apéndice F); (Tabla 26).

Tabla 3. Cactáceas reportadas en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Corral de los Bandidos”, presentes en la NOM-059-ECOL-2001, considerando ambos muestreos.

Especies \ individuos en 1,140 m²	ZA	ZN	EST.
<i>Ariocarpus retusus</i>	-	2	Pr
<i>Astrophytum capricorne</i>	12	1	A, E
<i>Coryphantha delicata</i>	1	-	R, E
<i>Echinocereus longisetus</i> spp. <i>freudenbergeri</i>	-	17	A, E
<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	22	23	Pr, E
<i>Ferocactus pilosus</i>	2	-	Pr, E
<i>Mamilloydia candida</i> sinónimo <i>Mamillaria candida</i>	2	-	A, E
<i>Mamillaria plumosa</i>	19	96	A, E
<i>Mamillaria roseoalba</i>	30	29	Pr, E
TOTALES	88	168	09

Donde: ZA: Zona de Amortiguamiento; ZN: Zona Núcleo; EST.: Estatus: E: endémico de México, A: Amenzada y Pr: sujeta a protección especial. Nomenclatura: (Guzmán, 2003).

El género que reporta mayor cantidad de especies es *Mamillaria* (6), seguidos de *Echinocereus* y *Opuntia* (4); y de *Coryphantha* y *Cylindropuntia* (3). El 70% de los individuos correspondieron al género *Echinocereus*, seguidos del 12% para *Coryphantha* y del 6% para el género *Mamillaria*, (Tabla 4).

Para la zona de amortiguamiento el género *Echinocereus* presentó el 76% de los individuos muestreados (2,691), seguido de *Neolloydia* con el 8% (286), y de *Mammillaria* con el 7% (258). Mientras que para la zona núcleo *Echinocereus* reportó el primer lugar con el 56% (1,714), siendo el segundo sitio para *Coryphantha* con el 25% (748) y el tercero con el 8% (235) para *Cylindropuntia*, (Tabla 4).

Tabla 4. Géneros Representativos de Cactáceas de la “Sierra Corral de los Bandidos”.

GÉNEROS	SPP	I-ZA	I-ZN	TOTAL	% ZA	%ZN	% TOTAL
<i>Echinocereus</i>	4	2691	1714	4405	76.1	56.3	66.9
<i>Coryphantha</i>	3	50	748	798	1.4	24.6	12.1
<i>Mammillaria</i>	6	258	160	418	7.3	5.3	6.3
<i>Neolloydia</i>	1	286	0	286	8.1	0	4.3
<i>Cylindropuntia</i>	3	19	235	254	0.5	7.7	3.9

Donde: ZA: Zona de Amortiguamiento; ZN: Zona Núcleo; SPP= Número de especies; I. Número de Individuos

8.1.2. Estructura de las comunidades de cactáceas

El análisis de la diversidad en las poblaciones de cactáceas en ambas zonas indica que la zona núcleo presenta menor número de especies e individuos muestreados, sin embargo indica mayor diversidad según el índice de Shannon-Weinner ($H' = 1.40$), lo cual se explica por su mayor equitatividad ($E = 0.45$) y por consiguiente menor dominancia ($L = 0.38$) que en la zona de amortiguamiento, que reporta 6 especies y 490 individuos más, que la zona núcleo, (Tabla No. 2).

Por otra parte, el análisis de las poblaciones de cactáceas en ambas zonas indica que la zona de amortiguamiento tiene mayor riqueza de acuerdo al índice de Margalef ($D = 3.30$), así como mayor dominancia en base a Simpson ($L = 0.94$), y por consiguiente menor equitatividad ($E = .35$), (Tabla No. 2).

Comparando todas las especies vegetales del ANP “Sierra Corral de los Bandidos” los índices refieren a la zona núcleo con mayor número de especies y menor número de individuos pero con mayores índices de riqueza de Maraglef (8.6); diversidad de

Shannon-Weinner de (2.96); equitatividad (0.73) y dominancia (0.57), que la zona de amortiguamiento, (Tabla No. 2).

8.1.2.1. Densidad, Frecuencia y Dominancia

El cactus con mayor densidad en “Corral de los Bandidos” es *Echinocereus stramineus* con el 66% de los individuos de cactus muestreados (4,332). Las cactáceas más abundantes en la zona de amortiguamiento fueron *E. stramineus* con el 74% (2,635), seguida de: *Neolloydia conoidea* con el 8% (286) y *Mammillaria pottsii* con el 5% (179). Para la zona núcleo *E. stramineus* igualmente indicó la mayor densidad con 56% (1,697), no obstante ocupó el segundo sitio *Coryphantha sulcata* 23%, seguida de: *Cylindropuntia leptocaulis* 8% (230), *Lophophora williamsii* 4% (128) y *Mammillaria plumosa* con el 3% (96), (Apéndice F), (Tabla 26).

8.1.2.2. Valor de Importancia

El análisis de cactáceas mediante el muestreo por cuadrantes indicó para la comunidad en la zona de amortiguamiento a las especies con mayor valor de importancia (considerando su frecuencia, densidad y dominancia) a *E. stramineus* (56%), *M. melanocentra* (11%) y *N. conoidea* (8%). Mientras que para la zona núcleo *C. leptocaulis* (36%) y *E. stramineus* (30%), seguidas de *M. plumosa* (11%) y *L. williamsii* (10%) presentaron los máximos valores de importancia (Apéndice B). Cabe citar que *M. plumosa*, esta dentro de la categoría de especie amenazada y endémica, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana: NOM-059-ECOL-2001, citando en total siete especies presentes en dicha norma, para la zona de amortiguamiento y seis para la zona núcleo (Tabla 3).

8.1.3. Asociaciones vegetales

En la zona núcleo se reportan como mas frecuentes las asociaciones de: *C. sulcata* con: *A. lecheguilla*, *Evolvulus alsinoides* Gardner, *Erioneuron pulchellum*, *T. muticus* y *V. Stenoloba*. De *E. stramineus* con *A. lecheguilla*, *E. alsinoides*, *T. muticus*, *V. stenoloba*, *C. pubens* y *Aristida wrightii* Nash. De *L. williamsii* con *Dyssodia pentachaeta* DC. BL Rob., y *E. alsinoide*. De *C. leptocaulis* con *A. lecheguilla*, *E. alsinoides*, *T. muticus*, *V. stenoloba*, *C. pubens*, *E. pulchellum*, *E. avenaceum* (H.B. & K.) Tateoka, *A. wrightii*, *B. trifida*, *D. pentachaeta* y *G. glutinosum* Less. Además de asociaciones entre cactus, tales como: *E. stramineus*, *C. sulcata* y *C. leptocaulis* (Tabla 5).

En la zona de amortiguamiento las asociaciones entre cactáceas y plantas más frecuentes fueron: *N. conoidea* con: *M. pottsii*; *T. muticus* y *E. avenaceum*. De *E. stramineus* y *M. pottsii* con: *T. muticus* y *A. lecheguilla*. De *T. rinconensis* con *T. muticus* . Y de *T. bicolor* con *E. avenaceum*. Mientras que las asociaciones entre cactus refieren a: *C. sulcata* con *E. stramineus* y *E. enneacanthus*. A *E. stramineus* con *M. melanocentra*. A *M. roseoalba* y *M. pottsii*. Además de *E. enneacanthus* y *M. pottsii* (Tabla 4).

Tabla 5. Asociaciones frecuentes en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Corral de los Bandidos”, considerando ambos muestreos.

Zonas	Cactáceas	Otras plantas
ZA	<i>Neolloydia conoidea</i>	<i>Erioneuron avenaceum</i>
	<i>Echinocereus stramineus</i>	<i>Tridens muticus</i>
	<i>Mammillaria pottsii</i>	<i>Erioneuron avenaceum</i>
	<i>Thelocactus rinconensis</i>	<i>Tridens muticus</i>
	<i>Thelocactus bicolor</i>	<i>Agave lecheguilla</i>
ZN	<i>Coryphantha sulcata</i>	<i>Agave lecheguilla</i>
		<i>Erioneuron pulchellum</i>
		<i>Tridens muticus</i>
		<i>Viguiera stenoloba</i>
		<i>Evolvulus alsinoides</i>
	<i>Echinocereus stramineus</i>	<i>Tridens muticus</i>
		<i>Viguiera stenoloba</i>
		<i>Carlowrightia pubens</i>
		<i>Aristida wrightii</i>
		<i>Dyssodia pentachaeta</i>
<i>Lophophora williamssii</i>	<i>Evolvulus alsinoides</i>	
	<i>Agave lecheguilla</i>	
	<i>Evolvulus alsinoides</i>	
	<i>Tridens muticus</i>	
	<i>Viguiera stenoloba</i>	
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	<i>Carlowrightia pubens</i>	
	<i>Erioneuron pulchellum</i>	
	<i>Erioneuron avenaceum</i>	
	<i>Aristida wrightii</i>	
	<i>Bouteloua trifida</i>	
	<i>Dyssodia pentachaeta</i>	
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	

Donde ZA= Zona de Amortiguamiento y ZN- Zona Núcleo.

8.1.4. Similitud entre las Zonas Núcleo y de Amortiguamiento.

La similitud entre ambas zonas (amortiguamiento y núcleo), en base al análisis florístico, corresponde de acuerdo a Jaccard, al 19% y a Sorensen-Dice al 32%. Así mismo el índice de Morisita indicó una notable similitud $M= 0.73$ entre ambas comunidades (Tabla No.6).

En relación a los cactus podemos asegurar que existe diferencia significativa, en cuanto a composición de especies entre las comunidades de cactáceas de las zonas del ANP, toda vez que la similitud entre estas, correspondió al 38% y 42% de acuerdo a los índices cualitativos de Jaccard y Sorensen-Dice respectivamente, y afirmándose cuantitativamente con el índice Morisita ($M= 0.88$) (Tabla No.6).

Tabla 6. Similitud entre las comunidades de cactáceas y demás especies vegetales en el ANP “Sierra Corral de los Bandidos” considerando ambos muestreos para cactáceas y muestreo por cuadrantes para todas las especies.

ÍNDICES	TODAS ESPECIES	CACTUS
Sj	0.19	0.38
SD	0.32	0.42
Mo	0.73	0.88
Sps	0.99	0.77
Bray Curtis	0.21	0.29

Donde: SJ= Índice de Jaccard; SD= Índice de Sorensen-Dice; Mo= Índice de Morisita; Sps= Porcentaje de Similaridad y B-C= Índice de Bray Curtis.

8.1.5. Diversidad y Variables Edafológicas

En relación a la composición edáfica de los suelos del ANP “Sierra Corral de los Bandidos” se observan diferencias entre los sitios de muestreos (transectos ó parcelas) presentando igual cantidad de valores altos la zona núcleo y de amortiguamiento, no obstante el transecto número uno, parte baja de la zona de amortiguamiento, contuvo los mayores valores de Al_2O_3 , K_2O , y Na_2O . (Tabla 5), mientras que el mismo transecto uno, en su zona alta indicó los mayores valores de MnO y MgO , (Tabla No. 7).

Para la zona núcleo, se observa que el transecto tres en su zona baja contiene los mayores valores de CaCO_3 y CO_2 . Mientras que el transecto cuatro en su zona alta, indicó los máximos datos de Fe_2O_3 , M.O y SO_3 . (Tabla No. 7).

Tabla 7. Compuestos presentes en las muestras de suelo del ANP “Sierra Corral de los Bandidos” medido en %.

Compuestos	T1-B	T1-A	T2-B	T2-A	T3-B	T3-A	T4-B	T4-A
Al_2O_3	13.61	12.87	13.35	12.75	9.09	8.67	10.72	10.38
CaO	10.68	11.91	11.43	11.51	20.70	21.62	15.01	15.51
CO_2	13.09	12.34	12.62	11.97	17.78	17.52	14.31	17.13
Fe_2O_3	5.27	4.95	5.13	4.84	3.41	3.10	4.09	5.51
K_2O	2.67	2.71	2.65	2.67	2.07	2.03	2.52	2.22
MgO	2.00	1.84	1.95	1.91	1.50	1.42	1.58	1.59
MnO	0.08	0.06	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05
Na_2O	1.22	1.27	1.07	1.26	0.97	0.95	0.83	0.88
P_2O_5	0.18	0.21	0.17	0.16	0.19	0.22	0.17	0.20
SiO_2	50.36	51.02	50.72	52.00	43.46	43.60	49.86	45.72
SO_3	0.14	0.11	0.10	0.08	0.13	0.15	0.13	0.17
SrO	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03
TiO_2	0.67	0.61	0.64	0.57	0.44	0.40	0.48	0.44
ZrO_2	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03

Donde: B= Zona Baja; A= Zona Alta; Al_2O_3 = Óxido de Aluminio; CaO = Óxido de Calcio; CaCO_3 = Carbonato de Calcio; Fe_2O_3 = Trióxido de Hierro; K_2O = Dióxido de Potasio; M.O.= Materia Orgánica; MgO = Óxido de magnesio; MnO = Monóxido de Manganesio; Na_2O = Óxido de Sodio; P_2O_5 = Pentóxido de Fósforo; SiO_2 = Óxido de Silicio; SO_3 = Trióxido de Azufre. T= Transectos muestreados. T1 y T2= Corresponden a la Zona de Amortiguamiento y T3 y T4= Corresponden a la Zona Núcleo. El fondo amarillo y en negritas indica los valores altos y en negritas los valores bajos.

8.2. Riqueza Florística de la “Sierra Fraile y San Miguel”

La composición florística de la Sierra “Fraile y San Miguel” corresponde a 175 taxa en 119 géneros y 42 familias. Estando presentes 135 especies (33 familias) para la zona de amortiguamiento y 119 especies (35 familias) para la zona núcleo. (Apéndices G y H), (Tablas 27 y 28).

Los estratos vegetales presentes en el ANP, corresponden a alturas promedio para la zona de amortiguamiento de 74 cm para el 31% de su población, y de 11 cm, para el 69% de esta. Mientras que para la zona núcleo presenta alturas promedio de 99 cm, para el 18% de sus individuos, y de 15 cm, para el 82% de estos. Teniendo valores máximos de 290 y 600 cm respectivamente, (Apéndices C y D), (Tablas 23 y 24).

Las altitudes en el ANP oscilaron de los 985 a los 1,167 msnm, para la zona de amortiguamiento y de los 716 a los 1,064 msnm, para la zona núcleo. En el ANP predominan las familias Cactáceae con 42 especies, seguida de la familia Asteraceae con 19, Poaceae con 15, Euphorbiaceae y Mimosaceae con nueve, Agavaceae con seis, Boraginaceae con cinco; además de Acanthaceae, Fabaceae, Lamiaceae y Verbenaceae con cuatro especies cada una. Existen seis familias exclusivas para la zona de amortiguamiento, entre las que sobresalen por su número de individuos la Fabaceae, Malvaceae y Polygalaceae. Además de ocho especies exclusivas para la zona núcleo, cada una de ellas con pocos representantes en número y especies, destacando la familia Simaroubaceae, con 13 individuos y una especie (Apéndices G y D).

Sin considerar a las cactáceas, el ANP “Fraile y San Miguel” presenta 133 taxa en 41 familias (103 géneros), correspondiendo a la familia Poaceae el 53% de los individuos muestreados (6,008) con 15 especies, a la familia Selaginellaceae el 11% (1,239) con dos especies y a las familias Asteraceae con 19 especies y Euphorbiaceae con nueve especies, corresponden el 5% con 617 y 544 individuos respectivamente, (Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de algunas Especies de las principales familias (sin considerar a las cactáceas) en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Corral de los Bandidos” e individuos totales considerando ambos muestreos.

Familias (No. especies)	%ZA	%ZN	%Total	Individuos Totales
POACEAE (15)	60	30	53	6008
SELAGINELLACEAE (2)	14	1	11	1239
ASTERACEAE (19)	4	9	5	617
EUPHORBIACEAE (9)	4	7	5	544
AGAVACEAE (6)	1	14	4	444
ZYGOPHYLLACEAE (3)	1	11	3	393

Donde ZA= Zona de Amortiguamiento y ZN= Zona Núcleo.

La zona de amortiguamiento del ANP, cuenta con 33 familias y 111 especies, de las 133 taxa, existen 49 especies exclusivas para la zona de amortiguamiento. Con 62 especies compartidas. A la zona de amortiguamiento perteneció el 75% de los individuos muestreados, en ella las Poáceas presentaron una densidad del 60% (13 especies), seguida de las Selaginellaceas con el 11% (2 especies) y con el 5% para las Asteráceas (19 especies) y Euphorbiaceas (8 especies). Las especies que reportaron mayor número de individuos fueron *Tridens muticus* (2,354) *Erioneuron avenaceum* (1,603) y *Selaginella wrightii* (1,110).

La zona núcleo presento el 25% de los individuos muestreados pertenecientes a 35 familias con un total de 83 especies, siendo 21 de ellas exclusivas. Los mayores sitios para la densidad correspondieron a las familias Poacea con el 30% (12 especies), Agavacea con el 14% (5 especies) y Zygophyllacea con el 11% (2 especies). Las especies que reportaron mayor número de individuos fueron *Tridens muticus* (473) *Agave lecheguilla* (373) y *Larrea tridentata* (280).

Respecto a la estructura de las comunidades vegetales, el registro de plantas por el **método de cuadrantes (sin considerar a las cactáceas)**, indicó como la especie más frecuente en la **zona de amortiguamiento** a *N. sinuata* (8%), seguida de *C. boissieri* (7%), *R. davisiorum* y *A. lecheguilla* (6%). Así mismo *N. sinuata* también reportó el máximo dato en densidad con el 8% y el tercer lugar en el porcentaje de valor de importancia con el 6%. Mientras que *A. lecheguilla* (8%) y *H. glomerata* y *Z. hispida*

con el 7%. reportaron los segundos y terceros lugares en densidad respectivamente. Los primeros sitios en dominancia para esta zona correspondieron para las poáceas *T. muticus* (37%), *Chloris verticillata* T. Nuttall (11%) y *Leptochloa dubia* Nees (6%). Sin embargo, la especie con mayor valor de importancia en la zona fue *T. muticus* (16%), seguido de *S. macrostachya* (6%) y de *N. sinuata* (6%). (Apéndice C), (Figura 23). (Tabla 9).

Siguiendo con el mismo método de muestreo se determinó para la zona núcleo a como la especie más frecuente (7%) y de mayor densidad (33%) a *Bouteloua trifida*. Mientras que *Selaginella wrightii* (21%), *Porlieria angustifolia* (13%) y *Acacia berlandieri* (11%) fueron las más dominantes. No obstante la especies con mayores valores de importancia (considerando su frecuencia, densidad y dominancia) fue *B. trifida* (17%), seguida de *Selaginella wrightii* (10%) y *Erioneuron avenaceum* con el (9%). (Apéndice D), (Figura 24). (Tabla 9).

Tabla 9 Descripción botánica de las principales especies florísticas de la “Sierra el Fraile y san miguel”.

ZA	F	D	Do	VI	ZN	F	D	Do	VI
<i>B. trifida</i>	6%	32%	9%	16%	<i>T. muticus</i>	3%	4%	24%	10%
<i>S. wrightii</i>	6%	2%	19%	9%	<i>E. longisetus spp. freudenbergeri</i>	5%	14%	8%	9%
<i>E. avenaceum</i>	3%	19%	3%	9%	<i>O. engelmannii</i>	1%	1%	10%	4%
<i>T. muticus</i>	4%	3%	8%	5%	<i>C. leptocaulis</i>	1%	1%	10%	4%
<i>P. angustifolia</i>	2%	0%	11%	5%	<i>S. macrostachya</i>	4%	4%	3%	4%
<i>A. berlandieri</i>	2%	1%	9%	4%	<i>C. boissieri</i>	5%	2%	4%	4%
<i>E. alsinoides</i>	5%	6%	1%	4%	<i>N. sinuata</i>	5%	5%	1%	4%
<i>C. leptocaulis</i>	2%	0%	8%	3%	<i>E. stramineus</i>	2%	7%	3%	4%

Donde: Z= Zona; F= Frecuencia relativa; D= Densidad relativa; Do= Dominancia Relativa y VI= Valor de Importancia.

El análisis de la diversidad en las poblaciones de cactáceas en ambas zonas indica que la zona núcleo tiene mayor riqueza de acuerdo al índice de Margalef $D_{mg}= 4.4$, así como también es más diversa, según el índice de Shannon-Weinner $H' = 2.5$ lo cual se explica por su mayor equitatividad $E=0.71$ y por consiguiente menor dominancia $L= 0.13$, (Tabla No. 12).

8.2.1. Diversidad de Cactáceas (Riqueza)

El 29% de las especies muestreadas en los sitios referidos para la “Sierra el Fraile y San Miguel” son cactáceas, corresponde respectivamente, el 10 y 19%, para las zonas de amortiguamiento y núcleo. Para un total de 42 especies (16 géneros). Pertenecen a la zona de amortiguamiento 24 especies (8 géneros) y 36 para la zona núcleo (14 géneros). De este total, 18 especies (7 géneros) están presentes en ambas zonas, 6 especies son exclusivas para la zona de amortiguamiento (5 géneros) y 18 especies únicas para la zona núcleo (12 géneros).

Las 42 especies de cactus de “Sierra el Fraile y San Miguel” muestreados en los cuadrantes y a lo largo de los transectos suman 4,707 individuos de los cuales el 33% corresponden a la zona de amortiguamiento y el 67 % a lo zona núcleo. 13 de estas se encuentran en alguna de las categorías de riesgo que señala la Norma Oficial Mexicana: NOM-059-ECOL-2001 y nueve endémicas (Tabla 11); (Apéndice H). El género que reporta mayor cantidad de especies es *Echinocereus* (8), seguido de *Mamillaria* (7), *Opuntia* y *Coryphantha* (5); y *Cylindropuntia* (4). El 59% de los individuos correspondieron al género *Echinocereus*, seguidos del 17% para *Opuntia* y del 6% para el género *Coryphantha*. (Tabla 10).

Tabla 10. Distribución de los principales géneros de cactáceas en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra el Fraile y San Miguel”, considerando ambos muestreos.

GÉNEROS	No Especies	% ZA	%ZN	% TOTAL
<i>Echinocereus</i>	8	62%	57%	59%
<i>Mamillaria</i>	7	3%	5%	5%
<i>Opuntia</i>	5	21%	15%	17%
<i>Coryphantha</i>	5	0%	9%	6%
<i>Cylindropuntia</i>	4	11%	2%	5%

Donde ZA= Zona de Amortiguamiento y ZN= Zona Núcleo.

8.2.2. Estructura de las comunidades de cactáceas

8.2.2.1. Densidad, Frecuencia y Dominancia

La especie con mayor densidad en “Sierra el Fraile y San Miguel” es *Echinocereus longisetus* spp. *freudenbergeri* con el 30% de los individuos de cactus muestreados (1396). Las cactáceas más abundantes en la zona de amortiguamiento fueron *E. longisetus* spp. *freudenbergeri* con el 30% (1,396 ind.), seguida de: *E. stramineus* con el 19% (908 ind.) y *Escobaria dasyacantha*, *Opuntia rastrera*, con el 5% (225 y 221 ind.). El 74% de la población de *Cylindropuntia* se reporta para esta zona. (Tabla 28).

Considerando a los **cactus**, para la zona de **amortiguamiento** de la “Sierra el Fraile y San Miguel” las especies que reportaron los máximos valores frecuencia relativa fueron: *Bouteloua trifida* (16%), *Selaginella wrightii* Hieron y *Erioneuron avenaceum* (9%) y *Tridens muticus* y *Porlieria angustifolia* A. Gray (5%) y por último *C. leptocaulis* con el 4%, (Tabla 23).

Mientras que los **cactus**, para la zona **núcleo** de la “Sierra el Fraile y San Miguel” las especies que reportaron los máximos valores frecuencia relativa fueron: *Notholaena sinuata* (Lag.) Klf., *Echinocereus longisetus* spp. *freudenbergeri*, *Cordia boissieri* A.DC. y *Opuntia engelmannii* spp. *lindheimeri* (5%) y *A. lecheguilla*, *Escobaria dasyacantha*, *Ruellia davisiorum* Tharp & F.A.Barkley, *Setaria macrostachya* Hochst. Ex Steud, *Zexmenia hispida* (Kunth) A. Gray y *Hechtia glomerata* con el 4%. Mientras que para densidad relativa les corresponde a *E. longisetus* spp. *freudenbergeri* (14%), *E. stramineus* (7%), y *Notholaena sinuata* (5%), los tres primeros sitios. (Tabla 24).

De igual manera el análisis global de las cactáceas (considerando cuadrantes y parcelas) muestra en la zona de **amortiguamiento** a *Echinocereus* como el género de mayor densidad con el 62% (972), seguido de *Opuntia* con el 21% (329), y de *Cylindropuntia* con el 11% (171). No obstante, en este análisis *Mammillaria* no está dentro de los primeros sitios. También en la zona **núcleo** *Echinocereus* reportó el primer lugar con el 57% (1,800 individuos), siendo el segundo sitio para *Opuntia* con el 15%

(470 individuos) y el tercero con el 9% (291 individuos) para *Coryphantha* (Tabla 8). Sobresalen para la zona núcleo, las especies del género *Coryphantha* con el 99% (291 ind.); *Escobaria* con el 90% (215 ind.) y *Mammillaria* con el 76% (173 ind.), (Tabla 9).

En relación a la dominancia relativa los primeros lugares son para *Tridens muticus* (24%), *Opuntia engelmannii* y *Cylindropuntia leptocaulis* (10%) y *Echinocereus longisetus spp. freudenbergeri* (8%). No obstante para esta región los valores de importancia ecológica pertenecen a *Tridens muticus* (10%), *E. longisetus spp. freudenbergeri* (9%) y *Opuntia engelmannii*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Setaria macrostachya*, *Cordia boissieri*, *Notholaena sinuata*, *E. stramineus* y *A. lecheguilla* (4%). (Tabla 24).

Tabla 11. Cactáceas presentes en la NOM-059-ECOL-2001 reportadas en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Fraile y San Miguel”, considerando ambos muestreos para cactáceas y el muestreo por cuadrantes para todas las especies.

ESPECIES\INDIVIDUOS PRESENTES EN 1,140 M2	ZA	ZN	EST.
<i>Ariocarpus retusus</i>	4		Pr
<i>Astrophytum capricorne</i>		6	A, E
<i>Coryphantha delicata</i>		26	Pr, E
<i>Coryphantha poselgeriana</i>		2	A, E
<i>E. longisetus spp. freudenbergeri</i>	485	911	A, E
<i>Epithelantha micromeris</i>		16	Pr
<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	3	30	Pr, E
<i>Mammillaria carretii</i>	4		Pr, E
<i>Mammillaria plumosa</i>		34	A, E
<i>Mammillaria roseoalba</i>		48	Pr, E
<i>Peniocereus greggii</i>		1	Pr
<i>Echinocereus poselgeri</i>		4	Pr
Totales	496	1078	12

Donde: ZA: Zona de Amortiguamiento; ZN: Zona Núcleo; EST.: Estatus: E: endémico de México, A: Amenazada y Pr: sujeta a protección especial. Nomenclatura: (Guzmán, 2003).

El registro de plantas (considerando a los cactus) por el método de cuadrantes, indicó para la zona de amortiguamiento como la especie más frecuente a *Bouteloua trifida* (6.2%), seguida de *Selaginella wrightii*, (6%) y de *Evolvulus alsinoides* con el 5%. La especie con mayor densidad fue también *Bouteloua trifida* (32%) a continuación *Erioneuron avenaceum* (19%) y *Evolvulus alsinoides* (6%). También *Selaginella*

wrightii (19%) fue el taxón con máxima dominancia, seguida de *Porlieria angustifolia* (12%) y de *A. berlandieri* (10%). No obstante la especie que mayor valor de importancia reportó fue *A. lecheguilla* (16%), precedida de *Selaginella wrightii* y *Erioneuron avenaceum* con el (9%) y de *T. muticus* con el (5%), (Tabla 23).

En la zona núcleo (considerando a los cactus), en el muestreo por el método de cuadrantes, refirieron como las especies de mayor frecuencia a *Notholaena sinuata* (5.4%), seguida de *Cordia boissieri*, *Echinocereus longisetus spp. freudenbergeri* y *Opuntia engelmannii spp lindheimeri* con el (5%), y *A. lechuguilla* con el 4%. Así mismo se registró a *E. longisetus spp. freudenbergeri* (65%) de densidad relativa, seguido de *E. stramineus* (7%), de *N. sinuata* (5%) y *Agave lecheguilla* (4%). Mientras que las plantas con mayor dominancia fueron el zacate *Tridens muticus* (24%) y los cactus *Opuntia engelmannii* y *Cylindropuntia leptocaulis* ambos con el 10%. Considerando estos valores de densidad, frecuencia y cobertura se determinó para esta zona que las especies con mayores valores de importancia fueron: *Tridens muticus* (10%), *E. longisetus spp. freudenbergeri* (9%) y *Opuntia engelmannii* (4%), (Tabla 24).

Tabla 12. Algunos parámetros de diversidad en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra el Fraile y San Miguel” considerando ambos muestreos para Cactáceas y el muestreo por cuadrantes para todas las especies.

Taxa Zonas	Plantas		Cactáceas	
	ZA	ZN	ZA	ZN
Numero de individuos	2,875	475	1,559	3,148
Sup. muestreada (m ²)	105	26	11,800	11,800
Número de especies	94	59	24	36
Distribución I/m ²	27.38	18.27	0.13	0.27
Riqueza de Margalef	11.68	9.41	3.13	4.35
Diversidad de Shannon-Weinner	2.78	3.48	2.06	2.54
Equitatividad	0.61	0.85	0.65	0.71
Dominancia	0.15	0.05	0.18	0.13

Donde: ZA: Zona de amortiguamiento; ZN: Zona núcleo; I= Número de individuos muestreados; Sup: Superficie.

8.2.2.2. Valor de Importancia

El análisis de cactáceas mediante el muestreo por cuadrantes indicó que los cactus con mayor valor de importancia (considerando su frecuencia, densidad y dominancia) para la zona de **amortiguamiento** fueron: *C. leptocaulis* (34%), seguida de *O. rastrera* (28%) y *E. stramineus* (9%). Considerando a *E. stramineus*, con el 33% de frecuencia relativa, seguidos de *M. pottsii* y *N. conoidea* con el 12%, que ocupan los tres primeros sitios en cuanto a densidad relativa. Mientras que las especies con mayor dominancia fueron *E. stramineus* (49%), *M. mellanocentra* (22%) y *N. conoidea* (6%). (Tablas 23 y 24).

Mientras que para la zona núcleo, las especies que presentaron los máximos valores de importancia fueron: *Echinocereus longisetus spp. freudenbergeri* (23%), seguida de *O. engelmannii* y *C. leptocaulis* (11%), y de *E. stramineus* (9%) como indica el Apéndice D. La especie más frecuente en la zona núcleo fue *C. leptocaulis* (29%), seguida de *L. williamsii* (25%) y *E. stramineus* (14%). Así como *E. stramineus* (56%) y *M. plumosa* (26%) fueron las de mayor densidad. Mientras que las de mayor

dominancia relativa fueron *C. leptocaulis* (69%) y *E. stramineus* (22%). (Tablas 23 y 24).

Al comparar los valores de la diversidad en riqueza (dominancia), considerando solo a las cactáceas totales del ANP y los tres valores más altos del análisis estructural de toda la flora del ANP, vemos que ambos refieren a la especie *E. longisetus spp. freudenbergeri*, (Tabla 13).

Tabla 13 Principales valores de diversidad de la Flora “Sierra Fraile y San Miguel”, considerando ambos muestreos para Cactus y el muestreo por cuadrantes para Plantas y Cactus.

Plantas y Cactus	VI %	Cactus	Densidad
ZONA AMORTIGUAMIENTO			
<i>Bouteloua trifida</i>	15.6	<i>E. longisetus spp. freudenbergeri</i>	485
<i>Selaginella wrightii</i>	8.8	<i>Echinocereus stramineus</i>	380
<i>Erioneuron avenaceum</i>	8.6	<i>Opuntia rastrera</i>	167
<i>Tridens muticus</i>	4.7	Sumatoria	1032
ZONA NÚCLEO			
<i>Tridens muticus</i>	10.1	<i>E. longisetus spp. freudenbergeri</i>	911
<i>E. longisetus spp. freudenbergeri</i>	8.8	<i>Echinocereus stramineus</i>	528
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	3.9	<i>Coryphantha sulcata</i>	213
		Sumatoria	1652

Donde: VI %= Valor de Importancia referido en porcentaje.

8.2.3. Asociaciones Vegetales

En cuanto a la asociaciones observadas entre cactáceas y otras plantas, se encontró para la zona de amortiguamiento que las asociaciones más comunes fueron las de *C. leptocaulis*, *E. stramineus*, *Opuntia rastrera*, *E. longisetus spp. freudenbergeri*, *O. engelmannii* con: *T. muticus*; *E. avenaceum*; *Selaginella wrightii*; *Evolvulus alsinoides*; *Carlwrightia pubens*; *V. stenoloba* y *Acacia rigidula*. (Tabla 14).

En la zona núcleo se identificaron las asociaciones de *E. longisetus spp. freudenbergeri*, *Opuntia engelmannii spp lindheimeri*, *E. dasyacantha*, *E. enneacanthus*

spp. brevispinus, Mammillaria melanocentra, Echinocereus enneacanthus, Coryphantha sulcata, O. microdasys y O. engelmannii con *Hechtia glomerata, Tridens muticus, Carlowrightia pubens; Aristida adscensionis, Cordia boissieri, Zexmenia hispida, Setaria macrostachya, Notholaena sinuata, Agave lecheguilla, Jatropha dioica, Zexmenia hispida, Larrea tridentata y Coldenia canescens*, (Tabla 14).

Tabla 14. Asociaciones Frecuentes en las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra Fraile y San Miguel”, considerando ambos muestreos para Cactáceas y el muestreo por cuadrantes para todas las especies.

Zona	Cactáceas	Plantas
ZA	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	<i>Tridens muticus</i>
	<i>Echinocereus stramineus</i>	<i>Erioneuron avenaceum</i>
	<i>Opuntia rastrera</i>	<i>Selaginella wrightii</i>
	<i>Echinocereus longisetus spp. freudenbergeri</i>	<i>Evolvulus alsinoides</i>
	<i>Opuntia engelmannii</i>	<i>Carlwrightia pubens</i>
ZN		<i>Viguiera stenoloba</i>
		<i>Acacia rigidula</i>
	<i>Echinocereus longisetus spp. freudenbergeri</i>	<i>Hechtia glomerata</i>
	<i>Opuntia engelmannii spp lindheimeri</i>	<i>Tridens muticus</i>
	<i>Escobaria dasyacantha</i>	<i>Carlwrightia pubens</i>
	<i>Mammillaria melanocentra</i>	<i>Cordia boissieri</i>
	<i>Coryphantha sulcata</i>	<i>Setaria macrostachya</i>
	<i>Opuntia microdasys</i>	<i>Notholaena sinuata</i>
	<i>Echinocereus enneacanthus spp. brevispinus</i>	<i>Aristida adscensionis y</i>
		<i>Zexmenia hispida</i>
<i>Opuntia engelmannii</i>	<i>Agave lecheguilla</i>	
	<i>Jatropha dioica</i>	
	<i>Zexmenia hispida</i>	
	<i>Larrea tridentata</i>	
	<i>Coldenia canescens</i>	

Donde ZA= Zona de Amortiguamiento y ZN= Zona Núcleo.

8.2.4. Similitud entre las Zonas Núcleo y de Amortiguamiento

Existe notable diferencia entre las zonas de amortiguamiento y núcleo del ANP “Sierra el Fraile y San Miguel” en cuanto a su flora y a las comunidades de cactáceas, toda vez que la similitud entre estas, correspondió de acuerdo a los índices cualitativos de Jaccard y Sorensen-Dice al (19% y 23%) y al (31% y 38%) respectivamente.

Estando en base al índice Morisita ($M= 0.06$), más marcada al consideran todas la especies en comparación al análisis exclusivo para las cactáceas, cuyas poblaciones son mayormente similares Morisita ($M= 0.89$). Lo cual confirma el índice de Bray-Curtis ($B-C= 0.05$) para todas las especies y ($B-C=0.27$). Esto difiere de lo señalado mediante el cálculo del porcentaje de similaridad que indica mayores valores entre todas las especies ($Sps=1.74$), que entre las cactáceas ($Sps=0.72$), (Tabla No.12).

Tabla 15. Índices cualitativos y cuantitativos de similitud entre las zonas del ANP “El Fraile y San Miguel” considerando ambos muestreos para cactáceas y el muestreo por cuadrantes para todas las especies.

ÍNDICES	TODAS LAS ESPECIES	CACTUS
Sj	0.19	0.23
SD	0.31	0.38
Mo	0.06	0.89
Sps	1.74	0.72
B-C	0.05	0.27

Donde: Sj= Índice de Jaccard; SD= Índice de Sorence-Dice; Mo= Índice de Morisita; Sps= Porcentaje de Similaridad y B-C= Índice de Bray Curtis.

Se observa menor similitud cuantitativa y cualitativa entre las poblaciones vegetales de las zonas de amortiguamiento y la zona núcleo del ANP, de acuerdo a lo referido por lo índices de ausencia presencia de: Jaccard (19%), Sörensen-Dice (31%) y de Morisita, $M= 0.06$. (Tabla 14). Que el contenido entre los cactus, donde los valores son mayores: Jaccard (23%), Sörensen-Dice (38%) y sobre todo el de Morisita, $M= 0.89$. (Tabla 15).

8.2.5. Diversidad y Variables Edafológicas

En relación a la composición edáfica de los suelos del ANP “Sierra Fraile y San Miguel” se observan diferencias entre los sitios de muestreos (Transectos ó parcelas) presentando igual cantidad de valores altos la zona núcleo que la de amortiguamiento, pero perteneciendo a las partes de menor altitud los mayores valores. No obstante el transecto número uno, parte baja de la zona de amortiguamiento, contuvo los mayores

valores de Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, y Na₂O, mientras que el mismo transecto uno, en su zona alta indicó los mayores valores de MnO y el transecto tres zona baja de MgO (Tabla 15).

Para la zona núcleo, se observa que el transecto seis en su zona baja contiene los mayores valores de Fe₂O₃, CaCO₃ y CO₂, mientras que el transecto cuatro en su zona alta, indicó los máximos datos de M.O. (Tabla 16).

Tabla 16 Compuestos presentes en el ANP “Sierra Fraile y San Miguel”.

% COMP.	T1-B	T1-A	T2-B	T2-A	T4-B	T4-A	T5-B	T5-A	T6-B	T6-A
Al ₂ O ₃	10.38	4.90	7.58	5.21	5.90	6.99	5.77	8.00	3.98	4.48
CaO	15.51	38.97	28.64	33.32	36.86	28.75	37.94	30.61	42.44	40.50
CO ₂	17.13	34.92	29.22	1.94	35.51	38.26	35.13	33.14	35.99	35.87
Fe ₂ O ₃	5.51	1.91	3.05	1.07	2.27	2.90	2.20	2.89	1.33	1.44
K ₂ O	2.22	0.85	1.54	3.03	1.15	1.28	1.33	1.68	0.87	0.92
MgO	1.59	1.27	2.90	0.05	1.07	1.14	1.29	1.42	0.90	0.95
MnO	0.05	0.06	0.05	0.24	0.04	0.07	0.00	0.06	0.04	0.04
Na ₂ O	0.88	0.00	0.46	0.14	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.20
P ₂ O ₅	0.20	0.10	0.17	36.67	0.12	0.25	0.13	0.16	0.11	0.12
SiO ₂	45.72	16.24	25.69	17.76	16.33	19.53	15.45	21.16	13.72	14.94
SO ₃	0.17	0.10	0.13	0.15	0.12	0.26	0.12	0.16	0.09	0.12
SrO	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05
TiO ₂	0.44	0.28	0.28	0.22	0.31	0.39	0.27	0.42	0.15	0.19
ZrO ₂	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01

Donde: B= Zona Baja; A= Zona Alta; Al₂O₃= Óxido de Aluminio; CaO= Óxido de Calcio; CaCO₃= Carbonato de Calcio; Fe₂O₃= Trióxido de Hierro; K₂O= Dióxido de Potasio; M.O.= Materia Orgánica; MgO= Óxido de magnesio; MnO= Monóxido de Manganesio; Na₂O= Óxido de Sodio; P₂O₅= Pentóxido de Fósforo; SiO₂= Óxido de Silicio; SO₃= Trióxido de Azufre. T= Transectos muestreados. T1 y T3= Corresponden a la Zona de Amortiguamiento y T4, T5 y T6= Corresponden a la Zona Núcleo. El fondo sombreado y en negritas indica los valores altos y en negritas los valores bajos. Unidad de valor: Porcentaje.

8.3. Análisis Botánico y Cactológico entre Zonas y Áreas de Ambas Sierras (Diversidad Gamma)

La matriz donde se resume el análisis florístico para plantas y cactus, entre las zonas de amortiguamiento y núcleo, de las ANP'S, indican diferencias notables entre estas, toda vez que la similitud máxima entre estas, correspondió al 18% y 30% de acuerdo a los índices cualitativos de Jaccard y Sorensen-Dice respectivamente, reportando menor

similitud entre las zonas de amortiguamiento de ambas ANP'S, que entre la zona de amortiguamiento de "Sierra Corral de los Bandidos y la zona núcleo de "Sierra Fraile y San Miguel" de acuerdo al índice cualitativo de Jaccard y a los índices cuantitativos de Morisita y Bray-Curtis (Tabla No. 17).

Tabla 17. Matriz comparativa entre comunidades Vegetales de las zonas de las ANP'S "Sierra Corral de los Bandidos" y "Sierra El Fraile y San Miguel".

PLANTAS Y CACTUS		1	2	3	4
1	Especies compartidas	28	26	27	24
	Índice Jaccard %	100	19	15	17
	Índice Sorensen- Dice %	100	32	27	10
	Índice de Morisita	1	0.73	0.11	0.30
	Índice de Bray-Curtis	1	0.25	0.06	0.11
2	Especies compartidas		22	30	25
	Índice de Jaccard %		100	17	18
	Índice de Sorensen- Dice %		100	29	30
	Índice de Morisita		1	0.08	0.42
	Índice de Bray-Curtis		1	0.06	0.12
3	Especies compartidas			24	35
	Índice de Jaccard %			100	19
	Índice de Sorensen- Dice %			100	31
	Índice de Morisita			1	0.06
	Índice de Bray-Curtis			1	1.74
4	Especies compartidas				36
	Índice de Jaccard %				100
	Índice de Sorensen- Dice %				100
	Índice de Morisita				1
	Índice de Bray-Curtis				1

1= "Sierra Corral de Bandidos "zona de amortiguamiento;

2= "Sierra Corral de Bandidos "zona núcleo;

3= "Sierra Fraile y San Miguel "zona de amortiguamiento;

4= "Sierra Fraile y San Miguel "zona núcleo.

En la comparación mediante el análisis cualitativo de Jaccard y Sorensen-Dice, de las comunidades vegetales de la zona núcleo (2) de "Sierra Corral de los Bandidos" contra

su zona de amortiguamiento (1) y ambas zonas (3 y 4) de “Sierra Fraile y San Miguel”, se observan diferencias significativas dentro de las propias del ANP “Sierra Corral de los Bandidos”, con valores máximos de acuerdo a Jaccard, de 19% y de Sorensen-Dice de 32%. No obstante su análisis cuantitativo por el índice de Morisita, indicó una notable similitud $M= 0.73$ (Tabla No 17).

Esta zona (2) difiere de las zonas (3 y 4) del ANP “Fraile y San Miguel”, Con comportamientos parecidos entre estas, según los valores de los índices de Jaccard (17 y 18%) y Sorensen-Dice (39 y 30%), no obstante, los valores referidos por los índices cuantitativos de Morisita y Bray-Curtis, mencionan mayores diferencias entre las zonas núcleo de ambas ANP’S (2 y 4).

Para las plantas y cactus, la zonas más diversas o distintas entre si fueron la zona núcleo de “Sierra Corral de los Bandidos” (2) contra la zona de amortiguamiento de “Sierra Fraile y San Miguel” (3).

En relación a los cactus podemos asegurar que existe diferencia significativa, en cuanto a composición de especies entre las comunidades de cactáceas de las zonas del ANP, toda vez que la similitud máxima entre estas, correspondió al 27% y 42% de acuerdo a los índices cualitativos de Jaccard y Sorensen-Dice respectivamente, y afirmándose cuantitativamente con el índice Morisita ($M= 0.54$). (Tabla No. 16). Al comparar las poblaciones de cactáceas entre la zona de amortiguamiento de “Sierra Corra de los Bandidos” (1), contra ambas zonas de la “Sierra “El Fraile y San Miguel”, (3 y 4), observamos que existen grandes diferencias, con valores máximos diferencia de Jaccard (15%) y de ($M= 0.11$), entre las áreas de amortiguamiento (1 y 3) de ambas ANP’S.

Para el análisis cactológico, se indican como las zonas con mayores similitudes entre si, a sus zonas de amortiguamiento. (Tabla No. 17). Así pues comparando ambas Sierras decimos que existen diferencias entre la vegetación del matorral desértico de ambas ANP “Sierra el Fraile y San Miguel” y “Sierra Corral de los Bandidos” estando más

marcada dichas diferencias de acuerdo a los índices de similitud entre sus poblaciones de cactáceas. (Tabla No. 17).

Las poblaciones de cactáceas que difieren mayormente entre si son: Las zonas de amortiguamiento de “Sierra Corral de los Bandidos” y de “Sierra el Fraile y San Miguel”. (Tabla No. 18). Las poblaciones de cactáceas que presentan mayor similitud entre si son: Las zonas de amortiguamiento y núcleo de “Sierra Corral de los Bandidos” y de “Sierra el Fraile y San Miguel” (Tabla No.18).

Tabla 18. Matriz de comparativa entre comunidades de Cactáceas de las ANP'S Sierra "Corral de los Bandidos" y Sierra "El Fraile y San Miguel".

CACTUS Zona		1	2	3	4	
Zona	1	Especies compartidas	28	18	10	21
		Índice de Jaccard %	100	38	16	25
		Índice de Sorensen- Dice %	100	42	28	40
		Índice de Morisita	1	0.89	0.49	0.367
		Índice de Bray-Curtis	1	0.29	0.08	0.13
	2	Especies compartidas		22	11	21
		Índice de Jaccard %		100	19	27
		Índice de Sorensen- Dice %		100	32	42
		Índice de Morisita		1	0.52	0.54
		Índice de Bray-Curtis		1	0.12	0.16
	3	Especies compartidas			24	18
		Índice de Jaccard %			100	23
		Índice de Sorensen- Dice %			100	38
		Índice de Morisita			1	0.89
		Índice de Bray-Curtis			1	0.27
	4	Especies compartidas				36
		Índice de Jaccard %				100
		Índice de Sorensen- Dice %				100
		Índice de Morisita				1
		Índice de Bray-Curtis				1

1= "Sierra Corral de Bandidos "zona de amortiguamiento;

2= "Sierra Corral de Bandidos "zona núcleo;

3= "Sierra Fraile y San Miguel "zona de amortiguamiento;

4= "Sierra Fraile y San Miguel "zona núcleo.

Al relacionar mediante una matriz los valores de Diversidad, Equitatividad, Riqueza y dominancia de los transectos (Tabla 19), y relacionarlos con las variaciones de los compuestos, se puede inferir relaciones entre ellos. Por ejemplo: Aunque el transecto número uno de la zona de amortiguamiento de "Corral de los Bandidos, contuvo los mayores valores de Al, K, y Na. (Tabla 7 y 16). No presenta los mayores valores de

riqueza ni de diversidad. Cabe citar que esta zona se encuentra a las faldas del cerro (parte baja) y presenta valores de diversidad y de riqueza inferiores en comparación con otras zonas, por lo que la presencia de valores altos de estos compuestos no se relacionan con respuestas favorables por parte de la comunidad vegetal. Sin embargo este mismo transecto, en su parte alta presente alto valores de MgO (Óxido de magnesio) y de MnO (Monóxido de Manganesio) pudiendo inferir que se relaciona una respuesta positiva de estas comunidades ante la altura y la presencia de estos elementos. (Tabla 18).

Tabla 19. Matriz de la estructura de las comunidades vegetales considerando altitudes (Alta y Baja) Mediante la determinación de los índices de Diversidad, Equitatividad, Dominancia y Riqueza.

Sitio	Zona	T	H	E	L	Dmg	S	No. de Ind.
1	CB-B	1	0.87	0.35	0.63	11.85	12	923
2	CB-A	1	1.27	0.45	0.43	16.86	17	1135
3	CB-B	2	0.66	0.24	0.75	15.86	16	1195
4	CB-A	2	1.32	0.5	0.46	13.81	14	219
5	CB-B	3	1.42	0.55	0.42	12.84	13	575
6	CB-A	3	1.14	0.47	0.37	10.85	11	912
7	CB-B	4	1.36	0.55	0.52	11.85	12	682
8	CB-A	4	1.09	0.47	0.66	9.85	10	646
9	F-B	1	1.45	0.7	0.28	7.8	8	153
10	F-A	1	1.6	0.77	0.25	7.79	8	114
11	F-B	2	2.06	0.83	0.16	11.82	12	271
12	F-A	2	1.28	0.5	0.48	12.84	13	607
13	F-B	4	1.08	0.44	0.55	11.83	12	309
14	F-A	4	0.92	0.42	0.62	8.82	9	226
15	F-B	5	1.71	0.63	0.33	14.8	15	167
16	F-A	5	1.78	0.67	0.28	13.84	14	618
17	F-B	6	2.33	0.81	0.12	17.82	18	233
18	F-A	6	1.72	0.67	0.28	12.83	13	321

Donde: CB= "Sierra Corral de Los Bandidos"; F= "Sierra Fraile y San Miguel"; B= Zona Baja; A= Zona Alta; H= Índice de Diversidad de Shannon-Weinner; E= Equitatividad; L=Índice de Dominancia de Simpson; S= Número de especies y Dmg= Índice de riqueza de Margalef e Ind.= Individuos. Resaltando en negritas a los datos inferiores y en negritas y sombreado, los datos mayores. (Se excluyó transecto No. 3 de Fraile, por derrumbe).

A continuación se muestran las evidencias de la presencia de especies de distribución restringida como *Mamilloydia candida*, entre otras tantas para "Corral de los Bandidos", ó *Echinocereus reichembachii* entre otras, para "Fraile y San Miguel" y de distribución amplia en las zonas de estudio, como las especies del género *Opuntia* y *Echinocereus*

como también de amplia distribución en un solo cerro como en el caso de *Mammillaria pottsii* y de *E. enneacanthus* spp. *brevispinus* (Tabla 8).

TABLA 20. Distribución de Cactáceas en los Sitios Muestreados (zonas altas y bajas) de las ANP'S Sierras: "Corral de los Bandidos" y "Fraile y San Miguel".

SÍTIO/ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOT
<i>Ariocarpus retusus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Astrophytum capricorne</i>	0	1	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	17
<i>Coryphantha delicata</i>	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	30
<i>C. macromeris</i>																			
<i>spp. runyonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Coryphantha poselgeriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Coryphantha saliniensis</i>	0	0	0	0	2	0	13	4	0	0	0	0	0	0	6	17	0	0	42
<i>Coryphantha sulcata</i>	3	3	2	1	163	255	157	29	2	1	0	0	0	0	16	0	24	15	671
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	0	0	1	0	0	0	2	0	2	4	5	5	0	0	0	0	0	1	20
<i>Cylindropuntia kleniae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	2	1	14	0	68	68	87	26	52	41	7	2	3	0	0	0	29	18	418
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
<i>Echinocactus texensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Echinocereus enneacanthus.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	13	57	115	202
<i>E. enneacanthus</i>																			
<i>spp. brevispinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	47	3	15	0	34	0	0	115
<i>E. longisetus</i> spp.																			
<i>freudenbergeri</i>	0	0	0	0	0	0	13	4	0	0	32	416	227	176	92	305	2	0	1267
<i>Echinocereus pectinatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	9	0	13
<i>Echinocereus pentalophus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18	0	0	5	7	2	0	35
<i>Echinocereus poselgeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Echinocereus reichembachii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Echinocereus stramineus</i>	723	715	1032	146	257	525	370	452	50	32	72	31	0	0	0	2	51	155	4613
<i>Epithelantha micromeris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Escobaria dasyacantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	10	14	5	87	2	49	187

SÍTIO/ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOT
<i>Escobaria</i>																			
<i>enskoetteriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Ferocactus</i>																			
<i>hamatacanthus</i>	7	6	15	0	7	6	5	3	0	0	0	2	3	1	2	2	0	3	62
<i>Ferocactus</i>																			
<i>pilosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Grusonia</i>																			
<i>moellerii</i>	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	29
<i>Lophophora</i>																			
<i>williamsii</i>	0	0	13	0	65	44	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137
<i>Mamilloydia</i>																			
<i>candida</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Mammillaria</i>																			
<i>carretii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Mammillaria</i>																			
<i>heyderi</i>	0	1	2	1	2	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	11
<i>M. heyderi</i> spp.																			
<i>macdougalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Mammillaria</i>																			
<i>melanocentra</i>	7	1	7	18	1	1	6	14	0	0	2	0	9	3	9	33	0	1	112
<i>Mammillaria</i>																			
<i>plumosa</i>	0	0	0	19	0	0	0	96	0	0	0	0	0	5	0	13	0	0	133
<i>Mammillaria</i>																			
<i>pottsii</i>	17	108	76	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	207
<i>Mammillaria</i>																			
<i>prolifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	16	26	0	0	10	0	0	72
<i>Mammillaria</i>																			
<i>roseoalba</i>	8	30	1	1	0	1	9	14	0	0	0	0	1	4	2	25	0	2	98
<i>Neolloydia</i>																			
<i>conoidea</i>	102	163	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	16	0	294
<i>Opuntia</i>																			
<i>engelmannii</i>	0	0	1	0	1	3	3	0	5	12	34	26	3	1	2	25	27	33	176
<i>O. engelmannii</i>																			
spp <i>lindheimeri</i>	0	1	1	0	1	2	2	4	2	0	9	28	21	7	17	54	19	16	184
<i>Opuntia</i>																			
<i>microdasys</i>	2	5	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	11	54
<i>Opuntia</i>																			
<i>phaeacantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Opuntia</i>																			
<i>rastrera</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	36	18	60	10	2	0	1	4	21	16	170
<i>Peniocereus</i>																			
<i>greggii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Sclerocactus</i>																			
<i>scheeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Stenocactus</i>																			
<i>multicostatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Thelocactus</i>																			
<i>bicolor</i>	39	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
<i>Thelocactus</i>																			
<i>rinconensis</i>	12	69	13	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	105
TOTALES	924	1137	1198	223	580	920	689	654	162	124	289	622	325	240	199	647	341	456	9559

Ver columnas 1 y 2 de la tabla No. 19 para observar altura y ANP al que se refiere, ejemplo: Sitio No. 1= Zona baja de "Corral de los Bandidos" (Los números de cactáceas no coinciden con el global, por haber excluido por derrumbe el transecto 3 de Fraile).

- “Sierra Corral de los Bandidos” que se encuentra localizada, en el municipio de García, y cuenta con una superficie de 1,175.01 hectáreas; y
- “Sierra el Fraile y San Miguel”, con 23,506.35 hectáreas, ubicada en los municipios de García, Mina, Hidalgo, Abasolo, El Carmen y General Escobedo.

En estas ANP’S, se presenta vegetación de matorral xerófilo y matorral submontano, con importantes poblaciones de cactáceas. Estas ANP’s pertenecieron a la anterior poligonal del Parque Nacional Cumbres de Monterrey (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002) (Figura 2). El uso del suelo en sus zonas núcleo es la educación ambiental y la investigación, y en sus zonas de amortiguamiento se permite el establecimiento de unidades de manejo para reproducción de especies nativas (UMAs). Sin embargo, el desconocimiento de su adecuado manejo y la costosa vigilancia de las estas zonas por parte de las autoridades estatales, las hacen vulnerables ante las presiones antropogénicas, asociadas al matorral submontano (ganadería, agricultura, colecta ilegal y crecimiento urbano).

Por ello conocer su riqueza biológica y especialmente los miembros de la familia Cactaceae, es indispensable para su conservación y preservación, ya que genera conocimiento necesario para su aprovechamiento sustentable y adecuado manejo de estas, con la finalidad de generar alternativas útiles para los habitantes y pobladores de la región en la que se ubican. Solo con el conocimiento integrado de las ANP’S permite preservar su valor ecológico y darle un valor económico como el de proveer “servicios ambientales”, aprovechar sustentablemente sus recursos para la industria alimenticia, farmacéutica, la herbolaria, para la ganadería, alimento humano y/o como plantas de ornato.

Por tanto el presente estudio pretende conocer las poblaciones vegetales de las ANP’s “Sierra Corral de los Bandidos” y Sierra Fraile y San Miguel” mediante el estudios de su diversidad, riqueza y asociaciones. Comparando sus comunidades tomando como base la zonificación establecida en su programa de manejo y también observando la similitud de ambas, con la finalidad de observar la influencia de variables tales como la altitud,

asociaciones y condiciones edáficas. Para obtener información básica para sustentar el aprovechamiento y conservación de estas plantas tanto para los particulares como para la entidad que la administra, con el impacto social hacia pobladores y vecinos de los municipios que las contienen y con el beneficio ecológico de la conservación de especies endémicas, hábitat de distintas especies de animales vertebrados e invertebrados con los que comparten cohabitan.

2. JUSTIFICACION

A pesar de que el conocimiento biológico sobre cactáceas se ha desarrollado en algunas áreas, el conocimiento sobre la ecología poblacional de los cactus es aún incipiente. Por ello se hace necesaria su conservación *in situ*, para el entendimiento ecológico de sus procesos poblacionales.

El conocimiento biológico de las ANP'S, "Sierra Corral de los Bandidos" en el Municipio de García, y "Sierra el Fraile y San Miguel en García, Mina, Hidalgo, Abasolo, El Carmen y General Escobedo, previo a este trabajo, consiste en reportes de flora y fauna del programa de manejo editado por la entidad administrativa de Gobierno del estado de Nuevo León (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002), y no existe información publicada sobre estudios botánicos de éstas áreas.

En México, no existen antecedentes del aprovechamiento y/o manejo integral de cactáceas *in situ*. (SEMARNAT, 2007). Su aprovechamiento se limita al cultivo del nopal para reproducción de cochinilla para la obtención de colorantes, para la ganadería o como alimento humano por la poda de sus pencas y/o frutos. Las autorizaciones otorgadas para el aprovechamiento de cactáceas *in situ*, se limitan a permisos de colecta ó rescate, para investigación y depósito en viveros y/o en colecciones autorizadas, para su reproducción y en algunos casos para venta al público como plantas de ornato ó para su exhibición en museos.

Por ello se hace indispensable estudiar a las poblaciones de cactáceas y sus asociaciones vegetales, en estas ANP'S, para detectar la variación de las relaciones de similitud entre sus poblaciones y conocer la influencia entre sus patrones de ordenamiento espacial y los factores ambientales, con la finalidad de obtener información que contribuya a mejorar su aprovechamiento, manejo y conservación de

sus ecosistemas, lo cual dará certidumbre a los propietarios y administradores de estas zonas y conservará su riqueza.

3. IMPORTANCIA

En las ANP'S, de México, el uso de su suelo se establece en el programa de manejo, que impone una serie de limitaciones, restricciones y condicionantes, que implican modalidades a las formas de aprovechamiento y uso de los recursos. Estas limitaciones generalmente se encuentran en función de la zonificación que en el programa de manejo se señala. En las zonas núcleo se encuentra la mayor restricción y en ellas las únicas actividades permitidas son la investigación y las relacionadas con la educación ambiental. En las zonas de amortiguamiento se permiten las actividades tendientes al aprovechamiento de los recursos con las condicionantes que el mismo contiene.

Las modalidades que se dictan por razones de interés público a los propietarios, se basan en el párrafo tercero del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Esto significa que el propietario, legítimo poseedor, ejidatario o comunero de un predio que se encuentre dentro de la poligonal de un ANP, está obligado a llevar a cabo lo que señala el programa de manejo de ésta.

Esto ha tenido como consecuencia que quienes tienen derechos sobre los terrenos comprendidos dentro de un área natural protegida, tienen una "carga", es decir, están obligados a cumplir con lo que señala el programa de manejo, que implica en algunos casos que los propietarios o poseedores no pueden aprovechar su predio tal y como ellos quisieran. Ante estas limitaciones muchos de los propietarios, en el mejor de los casos, se han visto orillados a vender, los poseedores generalmente abandonan los terrenos o llevan a cabo usos no permitidos en los programas de manejo.

Ante el abandono o transferencia de los predios y la falta de vigilancia y seguimiento a los programas de manejo de las áreas naturales protegidas, se sustraen sus recursos y se llevan a cabo actividades no autorizadas, por ejemplo el pastoreo del ganado, o cómo

lugares con casas de descanso, donde extraen la vegetación presente y establecen jardines o huertos con plantas introducidas.

Para poder propiciar el aprovechamiento sustentable, de las ANP's es indispensable conocer sus poblaciones vegetales de interés económico, como las cactáceas, con el objeto de sentar las bases para su aprovechamiento y conservación. Por ello la importancia de este trabajo radica en que con este, se inicia el aprovechamiento y la conservación *in situ* de las poblaciones de cactáceas a partir de la aplicación de los lineamientos establecidos en sus programas de manejo tales como la investigación y la educación ambiental, entre otros.

4. HIPÓTESIS

4.1. La altitud, los nutrientes del suelo y las especies asociadas son determinantes en la distribución de las cactáceas en las zonas núcleo y de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas “Sierra Corral de los Bandidos” y “Sierra El Fraile y San Miguel”.

4.2 Existe diferencia entre las poblaciones de cactáceas de la zona de amortiguamiento y la zona núcleo de las ANP’s.

4.3 Existen asociaciones específicas entre cactáceas y otras plantas, mismas que favorecen la abundancia de las cactáceas.

4.4 Los factores edafológicos y climáticos son determinantes para la distribución de cactáceas en las zonas de las ANP’S.

4.5. La presencia y abundancia de calcio, sodio y de materia orgánica, favorecen la densidad y diversidad de las cactáceas.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la distribución de cactáceas en las zonas del matorral desértico de las áreas naturales protegidas “Sierra el Fraile y San Miguel” y “Sierra Corral de los Bandidos” en Nuevo León.

5.2 Objetivos particulares

- 1) Conocer la composición florística de las zonas Núcleo y de Amortiguamiento.
- 2) Realizar el inventario de Cactáceas y de especies asociadas, en las zonas Núcleo y de Amortiguamiento del matorral desértico de las ANP'S.
- 3) Determinar las asociaciones más frecuentes entre las cactáceas y demás comunidades vegetales
- 4) Determinar las diferencias en términos de similitud de las comunidades vegetales entre las zonas núcleo y de amortiguamiento.
- 5) Reconocer las similitudes y diferencias de especies de Cactáceas y comunidades vegetales entre las dos áreas naturales protegidas.
- 6) Determinar el efecto de las condiciones edáficas y de altitud en las poblaciones de cactáceas de las dos ANP en estudio.

6. ANTECEDENTES

6.1 Morfología y Estrategias de Supervivencia de las Cactáceas

Las cactáceas son un grupo plantas que ha presentado numerosas adaptaciones morfológicas para subsistir en medios adversos, entre ellas, las más sobresalientes son las adaptaciones morfológicas y metabólicas, que les permiten vivir en sitios con estrés hídrico y de calor. La mayoría de sus características morfológicas y fisiológicas están relacionadas con un uso muy eficiente del agua. La falta de hojas y la presencia de espinas o pelos refrigerantes en algunas especies, ayuda a la planta a disminuir el calor provocado por la incidencia de los rayos solares. Su forma globosa y robusta les permite almacenar el agua y disminuye la superficie de la planta expuesta al sol. La existencia de una cutícula impermeable que cubre toda la planta evita la pérdida de agua por transpiración; presentando diferencias entre otras plantas respecto a la entrada y salida del agua regulada por las estomas (Bravo y Sánchez, 1991).

Entre las adaptaciones mas notables que el tallo adquiere en relación con la aridez, hay que mencionar aquellas que les permiten almacenar y conservar el agua en sus tejidos, como son, entre otras: el gran desarrollo del tejido parenquimatoso, responsable de la succulencia; la reducción de la superficie transpiratoria al adquirir formas globosas; la atrofia hasta estados vestigiales del limbo de las hojas o su transformación en escamas, espinas o glóquidas; el engrosamiento de la cutícula y de las membranas celulósicas de los tegumentos; la pruinosidad o las excrecencias cerosas de las células epidérmicas; la disminución o disposición hendida de los estomas, etcétera. A dichas adaptaciones hay que agregar las que facilitan la absorción rápida del agua como la gran longitud que adquieren algunas raíces, y la conservación de dicho líquido, a veces en las enormes raíces tuberosas de dichas especies. Por la singular capacidad que el tallo tiene de distenderse al acumular agua en el parénquima, las cactáceas forman parte del grupo

de plantas llamadas xerófitas suculentas como son también, entre otras, los agaves, así como algunas crasuláceas, y euforbiáceas (Bravo y Sánchez, 1991).

Las cactáceas al igual que otras plantas como las crasuláceas y los agaves, realizan la fotosíntesis por medio de un mecanismo conocido como metabolismo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas), que les permite realizar la fotosíntesis con un desfase en el tiempo, y por la noche, cuando la temperatura es menor, se abren los estomas para realizar el intercambio gaseoso y el bióxido de carbono captado es almacenado en el tejido de la planta en forma de ácido málico. Durante el día cesa la transpiración y aprovechando la luz solar, la planta realiza la síntesis de carbohidratos utilizando el bióxido de carbono almacenado durante la noche. Al no transpirar durante el día, la planta evita la pérdida excesiva de agua. Este proceso la obliga a producir grandes masas de tejido de almacenamiento, en el que además de acumular el ácido málico donde se fija el bióxido de carbono, se almacena agua. La energía que la planta gasta en producir este tejido repercute directamente en su crecimiento, ya que la proporción entre el tejido de almacenamiento y el de crecimiento es mayor que en el de la mayoría de las plantas, motivo por el cual las cactáceas tienen un lento crecimiento (Rojas y Rovalo 1985; Bidwell, 1979). Además, otro atributo de muchas cactáceas es que sus áreas de distribución son extremadamente restringidas y en ocasiones viven en condiciones edáficas muy especializadas (Hernández y Godínez, 1994).

Estas evolucionadas plantas juegan un papel muy importante dentro de las zonas en las que se encuentran, ya que anidan, protegen y proveen de alimento a cientos de animales como insectos, murciélagos, escorpiones, colibríes, aves de rapiña, águilas, ardillas y mamíferos y se encuentran en estrecha relación con otras plantas que les ofrecen protección y sombra (Mcgregor 1962; Bentley, 1977; Holland y Fleming, 1999; Oliveira *et al.*, 1999).

6.2 Las Cactáceas en el Noreste de México

Las áreas con matorral espinoso existentes en el noreste de México juegan un papel importante en el establecimiento y desarrollo de diversas especies de cactáceas, (Martínez *et al.*, 2001), el 35% de las cactáceas del país se encuentran en la región sureste del Desierto Chihuahuense. Cabe señalar, que 197 especies de cactáceas se encuentran en el estatus de amenazadas debido a la degradación de sus ecosistemas principalmente originada por los cambios de uso de suelo, por la agricultura y ganadería y por su excesiva colecta (Hernández y Godínez, 1994).

Por su parte Golubov *et al.* (2000), mencionan que en las zonas áridas, donde los factores abióticos son tan extremos, la vegetación ha experimentado fuertes procesos evolutivos como resultado de las interacciones entre estos, mismos que determinan la presencia, distribución y abundancia de sus comunidades, por tanto la distribución espacial y la dinámica poblacional son afectadas fuertemente por perturbaciones (Leirana y Parra, 1999).

Estudios sobre patrones de distribución de las cactáceas amenazadas en el desierto chihuahuense, mencionan que el 73% de los géneros y el 78% de las especies de las cactáceas son endémicas de México y señalan el norte de San Luis Potosí y sur de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas como el área de mayor concentración de especies de cactáceas amenazadas del continente americano (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995).

Phillips y Wentworth (2000), alertan sobre la colecta en grandes cantidades de *Fouquieria spp.* (Ocotillo); *Echinocereus spp.* (Erizo); *Ferocactus spp.* (Barril de Texas, anzuelo); y *Yucca spp.* (Yuca), sin llevar a cabo ninguna estrategia o programa de manejo, poniendo en grave riesgo la riqueza de sus poblaciones. Cada taxón cumple una función ecológica importante, por ejemplo, los ocotillos crecen en ambientes secos y proporcionan una fuente crítica de néctar para los colibríes durante la migración de primavera de México al norte de Norteamérica, y estas aves son importantes

polinizadores de estas comunidades, por lo que señala la urgencia de incrementar la investigación de campo. Por ello es necesario, abundar en los estudios demográficos de las cactáceas (tamaño de población y dinámicas de las cactáceas), así como de sus necesidades fenológicas, restricciones, y requerimientos de hábitat (Bárceñas, 2003).

Godínez *et al.* (2003), indican que el conocimiento sobre la ecología poblacional de los cactus es aún incipiente y no uniforme, ya que algunos temas están bien desarrollados mientras que para otros la información disponible es aún muy limitada. La posibilidad de conservar el gran número de especies de cactáceas que se encuentran amenazadas depende de nuestra capacidad para profundizar en el entendimiento ecológico de sus procesos poblacionales.

6.3 Descripción y Presencia de las Subfamilias Pereskioideae, Opuntioidea y Cereoideae en el Noreste de México

La familia Cactaceae, originaria de América, comprende tres subfamilias de plantas: Pereskioideae, Cereoideae y Opuntioideae (Britton y Rose, 1963; Bravo, 1978). De las tres subfamilias, La Cereoideae es la de más especies y comprende aproximadamente 110 géneros (Gibson y Nobel, 1986; Bravo, 1978; Bravo y Sánchez, 1991); la Opuntioideae está representada en México por tres géneros (*Pereskioopsis*, *Nopalea* y *Opuntia* (Bravo, 1978). Los géneros *Opuntia* y *Mammillaria* son ecológicamente los grupos más diversos, con mayor número de especies (Gibson y Nobel, 1986) y en proporción, los menos estudiados tanto desde el punto de vista taxonómico como ecológico.

6.3.1.Subfamilia PERESKIOIDEAE

Plantas con hábito semejante al de las demás dicotiledóneas, aunque los tallos, ramas y hojas son algo suculentos. Las aréolas, sustentadas por una hoja tectriz, llevan espinas, pero no glóquidas. Flores más o menos pedunculadas, simples o en inflorescencias; pericarpelo con brácteas; óvulos en funículos cortos. Semillas con testa delgada, frágil y negra. Estas plantas, que posiblemente son el tipo ancestral de la familia, comprenden

dos géneros *Pereskia* y *Maihuenia*, distribuidos en las regiones tropicales de América. En México solo existe el género *Pereskia*, reportado para Cuernavaca, Morelos; Tampico, Tamaulipas y Tehuantepec, Oaxaca. (Bravo, 1978).

6.3.2. Subfamilia **OPUNTIOIDEAE**

Cactáceas arborescentes, arbustivas y hasta rastreras, con tallos cilíndricos, claviformes, casi globosos o en cladodios, más o menos ramificados. Hojas con limbo pequeño, cilíndrico-subulado y caduco, sólo en *Pereskiopsis* es laminar aunque carnoso; tubérculos más o menos prominentes. Aréolas circulares hasta elípticas, con fieltro, pelos, glóquidas y espinas. Espinas más o menos largas y delgadas, a veces con vaina papirácea. Flores diurnas o vespertinas, sésiles, una en cada areola, naciendo hacia la extremidad de los tallos; ovario ínfero, pericarpelo con podarios más o menos prominentes, con aréolas que llevan glóquidas y en ocasiones espinas; receptáculo corto; perianto rotáceo, regular. Fruto seco o carnoso, a veces prolífero. Semillas de color de lino o negras, discordes, con arilo muy duro, globosas y pilosas en *Pereskiopsis*; embrión curvo, cotiledones grandes, perisperma bien desarrollado. En México esta representada por los géneros *Pereskiopsis*, *Opuntia* y *Nopalea* (Bravo, 1978).

Bravo y Sánchez (1991), reportan para el Noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas), las siguientes especies de dicha subfamilia: *Opuntia leptocaulis* (Engl.) Watson, *O. kleiniae* DC., *O. viridiflora* Britton & Rose, *O. imbricata* (Haworth) De Candolle, *O. tunicata* (Lehm.) Pfeiff., *O. bradtiana* (J.M.Coult.) K.Brandege, *O. moelleri* A. Berger, *O. stanlyi* Engelm., *O. shottii* Engelm., *O. bulbispina* Engelm., *O. agglomerata* A.Berger, *O. dumetorum* A.Berger, *O. fragilis* Hort. ex Foerst., *O. microdasis* (Lehm.) Pfeiff., *O. macrocalyx* Griffiths, *O. compressa* J.F. Macbr., *O. violeacea* Engelm. in Emory, *O. astrispina* Griffiths, *O. engelmannii*, *O. phaeacantha* Engelm., *O. stricta* Haw., *O. lindheimeri* Engelm., *O. pailana* Weing.

6.3.3. Subfamilia **CEREIOIDEAE**

Plantas muy pequeñas hasta arbóreas, terrestres o epifitas. Tallos integrados por un solo artículo o ramosos; los artículos globosos, oblongos, cilíndricos o en cladodios, con

tubérculos, costillas o ángulos; el limbo de la hoja falta o está reducido a una escama; aréolas en el ápice de los tubérculos, provistas o no de lana, pelos, cerdas o espinas; las glóquidas faltan; espinas casi siempre presentes, sin vainas, con estructura, forma, color y disposición variadas. Flores diurnas o nocturnas, generalmente una en cada areola, sésiles, radiadas o zigomorfas, grandes o muy pequeñas; pericarpelo con podarios más o menos numerosos, con o sin escamas; cuando existen escamas, con o sin lana, pelos o espinas; tubo receptacular largo o muy corto, cuando largo infundibuliforme, campanulado o tubular, con o sin podarios, éstos a veces decurrentes, sin o con escamas o brácteas; segmentos del perianto más o menos grandes, y numerosos, blancos o de colores diversos. Fruto en baya más o menos grande, desnuda o con aréolas a veces caducas, con o sin lana, pelos y espinas, a veces seco abriéndose por un poro basal. Semillas generalmente pequeñas, con testa negra o morena y con ornamentaciones variadas; cotiledones generalmente pequeños, a veces grandes y foliados; con o sin endospermo. Estas plantas se encuentran distribuidas preferentemente en las zonas tropicales y templadas del continente y en condiciones topográficas, edáficas y climáticas muy diversas. Existe un notable endemismo entre los géneros de América del Norte y América del Sur. Algunas han conservado un tanto sus caracteres ancestrales; otras, teniendo en cuenta la reducción de algunas de sus estructuras determinadas por la sequía, parecen más recientes. La subfamilia comprende numerosos géneros, los reportados en México, pertenecen a las tribus: Hylocereae, Pachycereae, Echinocereae, Notocacteae y Echinocacteae (Bravo y Sánchez, 1991).

Bravo y Sánchez (1991), reportan para el Noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas), a: *Wilcoxia tamaulipensis* Werderm., *W. tuberosa* Kreuz., *Hylocereus napoleones* Britton & Rose, *Selenicereus spinulosus* Britton & Rose, *Stenocereus griseus* (Haworth), *Neubuxbaumia euphorbioides* (Haworth), *Cephalocereus leucocephalus* Britton & Rose, *C. palmeri* Rose, *Mirtillocactus geometrizzans* Console.

A continuación se describen las tribus de los géneros citados para el noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas) por Bravo, (1978), (Bravo y Sánchez, 1991).

Subfamilia **OPUNTIOIDEAE** Schum. Tribu **OPUNTIEAE**

Plantas con ramas cilíndricas, claviformes o laminares (cladodios), verdes. Hojas muy reducidas, cilíndricas, tubuladas, caducas. Flores diurnas. Esta tribu está representada en México por los géneros *Opuntia* y *Nopalea*.

Subfamilia **CEREOIDEAE** Schum. Tribu **HYLOCERAE**

Plantas arbustivas y terrestres, en los géneros recientes epifitas; las primeras con tallos delgados, erectos, procumbentes o trepadores, con costillas o alas; las segundas con tallos colgantes en forma de cladodios; todas con raíces aéreas. Hojas reducidas a escamas muy pequeñas. Aréolas en los géneros primitivos con numerosas espinas, y en los recientes presentan fieltro y algunas espinas reducidas; tejido cortical con abundantes células mucilaginosas. Flores laterales, a veces varias en la misma areola, grandes hasta muy pequeñas, nocturnas y blancas, o diurnas y de colores brillantes, radiadas o pseudo zigomorfas por doblamiento del tubo receptacular; pericarpelo en los géneros primitivos con escamas y espinas y en los recientes desnudo; tubo receptacular largo, corto o ausente; en los géneros primitivos, con aréolas espinosas y en los más evolucionados con escamas desnudas; las escamas con glándulas nectaríferas; estambres distribuidos a lo largo de las paredes del tubo hasta la garganta, en *Epiphyllum* sólo en la garganta, generalmente numerosos, escasos en los géneros en que el tubo receptacular se ha reducido, como en *Rhipsalis*, en donde son tan pocos como 6; estilo casi siempre grueso; lóbulos del estigma numerosos y ramosos, escasos en los géneros evolucionados; óvulos con funículos ramificados, éstos papilosos en el lado interno de la curvatura; en los géneros recientes cortos y simples. Fruto carnoso, en los géneros primitivos con espinas muy numerosas y finas y en los recientes con escamas o desnudos. Semillas grandes (*Nyctocereus*) hasta muy pequeñas (*Rhipsalis*), lisas o foveoladas, sin perisperma; embrión con cotiledones grandes e hipocotilo delgado.

Estas plantas se encuentran distribuidas en la región tropical de Norte, Centro y Sur América y en las Antillas, algunas especies de *Rhipsalis* tienen distribución secundaria en África tropical, Madagascar, Zanzíbar y Ceilán. Comprende varias Subtribus.

Tribu **ECHINOCERAE**

Arbustos muy bajos, ramosos, con ramas delgadas y densamente espinosas, o plantas integradas casi siempre por un tallo único o multiarticulado, corto, globoso hasta cilíndrico, de consistencia suave, en ambos casos provisto de costillas más o menos numerosas, con aréolas casi siempre muy espinosas. Flores conspicuas, diurnas, coloridas, radiadas, campanuladas; pericarpelo pequeño, tubo receptacular generalmente más corto que el perianto; ambos con numerosas aréolas provistas de pequeñas escamas paulatinamente mayores hacia el perianto que llevan espinas y lana. Fruto con numerosas aréolas espinosas, caducas. Algunas especies reportadas para el noreste de México son: *Echinocereus knippelianus* spp. *knippelianus* Liebm., *E. knippelianus* spp. *reyesii* A.B.Lau, *E. scheeri* (Salm-Dyck) Scheer, *E. triglochidiactus* spp. *acifer* (Salm-Dyck) Bravo, *E. penthalophus* Lem., *E. blanchii* Palm., *E. viridiflorus* Engelm., *E. pectinatus* (Scheidweiler) Engelm., *E. pectinatus* spp. *neomexicanus* (J.M.Coult.) L.D.Benson, *E. weinbergii* Weing., *E. reichenbachii* (Terscheck) Britton & Rose, *E. fendleri* Sencke ex Haage, *E. delaeti* Gürke, *E. nivosus* Glass & R.A.Foster, *E. merkeri* Hildm., *E. sarissophorus* Britton & Rose, *E. viereckii* Werderm., *E. enneacanthus* spp. *brevispinus* (W.O. Moore) L.D. Benson y *E. enneacanthus* Engelm. spp. *dubius* (Engelm.) L. Benson, *E. stramineus* spp. *stramineus* y spp. *conglomeratus*, *E. engelmannii* spp. *engelmannii* (Bravo y Sánchez, 1991).

Tribu **NOTOCACTEAE**

Tallos simples o ramificados desde la base, globosos hasta globoso-aplanados, rara vez algo columnares, generalmente enanos en los géneros más evolucionados, provistos de costillas más o menos tuberculadas, con las aréolas en el ápice de los tubérculos. Flores una o varias en la misma areola, a veces dispuestas en un pseudocefalio o cefalio terminal; pericarpelo y receptáculo provistos de escamas más o menos numerosas; las escamas pequeñas, llevando en sus axilas abundantes pelos y lana larga; en las axilas de

las escamas cercanas a la garganta hay cerdas y, a veces, espinas finamente setosas; en ocasiones (en *Gymnocalycium* y sus aliados) las escamas son escasas, con las axilas desnudas; las aréolas floríferas rara vez producen espinas; en *Melocactus* las flores se han simplificado, pues en el receptáculo, que es petaloide (del color de los segmentos del perianto), faltan las escamas; receptáculo campanulado hasta infundibuliforme; el tubo a veces se alarga arriba del margen del receptáculo por la unión de las bases de los segmentos del perianto; los estambres están distribuidos uniformemente desde el anillo nectarial, que es angosto y corto, hasta el ápice del tubo receptacular. Semillas de forma variable, con testa verrugosa; los tubérculos, a veces, en forma de espina, o a veces secundariamente aplanados dando a la testa una apariencia lisa. Algunas especies reportadas para el noreste de México son: *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem., *A. myriostigma* Lem., *A. capricorne* (Dietrich) Britton y Rose, (Bravo y Sánchez, 1991).

Tribu CACTEAE *Echinocactae*

Plantas uniarticuladas, a veces formando clones, globoso-aplanadas, globosas, cortamente cilíndricas o hasta columnares, desde muy pequeñas, de unos cuantos centímetros de altura (*Mammillaria herrerae* Werderm), hasta grandes, de cerca de 2.5 m de altura (*Ferocactus diguetii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose). Tallos con los podarios formando costillas o dispuestos en tubérculos ordenados en series espiraladas, en este caso, cortamente cónicos, cónico-piramidales, piramidales, digitiformes o filiformes. Aréolas en el ápice de los tubérculos, a veces alargándose y formando un surco en la región adaxial de los mismos (*Coryphantha*); en los géneros más avanzados (*Mammillaria*), las aréolas son dimorfas, el meristemo vegetativo (espinífero) se desarrolla en el ápice de los tubérculos, en tanto que el florífero lo hace en la axila de éstos; en algunos géneros las aréolas producen glándulas. Espinas radiales y centrales. Flores en el meristemo superior de las aréolas monomorfas o en el surco areolar, y en el meristemo axilar de los tubérculos cuando son dimorfas, generalmente de simetría radiada, rara vez zigomorfas, diurnas; pericarpelo con podarios numerosos, con aréolas escamosas, espinosas, setosas y lanosas en los géneros primitivos (*Echinocactus*), y prácticamente desnudo, por reducción tanto de éstas como de las escamas, espinas y

lana, en los géneros más avanzados (*Mammillaria*); tubo receptacular casi ausente en los géneros primitivos, larga o cortamente campanulado en los más avanzados, presentando en ocasiones la coloración del perianto. Fruto espinoso o desnudo, seco o algo jugoso. Semillas en funículos cortos, generalmente simples; testa y perisperma variando según las diferentes líneas evolutivas.

En las especies de esta tribu existe un proceso de reducción anatómica que se aprecia tanto en las dimensiones del tallo como en la simplificación de los órganos florales, desde las especies con tallos de grandes dimensiones y tallos con espiración y segmentos del perianto abundantes (*Echinocactus*), hasta las de tallos pequeños y órganos florales simplificados (*Mammillaria*).

La mayoría de los géneros comprendidos en esta tribu son originarios de la América del Norte. A esta tribu se le ha venido conociendo comúnmente con el nombre de Echinocactaeae, pero de acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, por ser la tribu en la que está incluido el género tipo de la familia, que es *Mammillaria* Haworth, sinónimo conservado de *Cactus* Linné, el nombre legítimo de la tribu es *Cactaeae*. Algunos de los géneros más representativos son: *Coryphantha*, *Mammillaria*, *Epithelanta*, *Echinocactus*, *Thelocactus*, *Ancistrocactus*, *Turbinicarpus*, *Lophophora*, *Ferocactus*, entre otros. (Bravo y Sánchez, 1991).

Bravo (1978) y Bravo y Sánchez (1991), reportan para el Noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas), las siguientes especies de la subfamilia Cactoidae: *Echinocereus knippelianus*, *E. tulensis* Bravo, *E. pentalopus*, *E. papillosus* Linke ex Rümpler, *E. viridiflorus*, *E. cloranthus* Haage, *E. pectinatus*, *E. reichenbachii*, *E. pectinatus*, *E. delaetii*, *E. nivosis*, *E. mekeri*, *E. sarissophorus*, *E. viereckii*, *E. enneacanthus*, *E. dubius* (Engel.) Rümpler en C.F. Först., *E. stramineus*, *E. engelmannii*, *Astrophytum asterias*, *A. myriostigma*, *A. capricorne*, *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, *E. horizonthalonius* Lemaire Palmer, *E. texensis* Hopffer, *Hamatocactus bicolor* I.M.Johnst., *Echinomastus intertextus* Britton & Rose, *E. mariposensis* Hester, *E. unguispinus* Britton & Rose, *Cumarinia odorata* (Boed.) Buxb., *Thelocactus*

hexaedrophorus (Lem.) Britton & Rose, *T. rinconensis* (Poselg.) Britton & Rose, *T. conotele* (Regel & E.Klein bis) F.M.Knuth, *T. tulensis* Britton & Rose, *T. bueckii* Britton & Rose, *T. matudae* Sánchez-Mej. & A.B.Lau, *T. bicolor* (Galeotti ex Pfeiff.) Britton & Rose, *T. heterochromus* (C.A.Weber) Oosten, *T. schwarzii* Backeb., *T. subterraneus* Backeb., *T. mandragora* A.Berger, *T. geilsdorfianus* (Werderm.) W.T. Marshall, *T. knuthianus* (Boed.) Borg., *T. roseanus* (Boed.) Borg, *T. aguirreanus* (Glass & Foster) Bravo, *T. viereckii* Werderm., *Neolloydia smithii* (Muehlenpf.) Kladiwa & Fittkau, *N. conoidea* Britton & Rose, *N. matehualensis* Backeb., *Normanbokea valdeziana* (M.Mo/ller) Kladiwa & Buxb., *N. pseudopectinata* (Backeb.) Kladiwa & Buxb., *Astekium rotterii* Boed., *Lophophora williamsii* (Lem. ex Salm-Dyck) J. M. Coult, *L. fricii* Haberm., *Turbinicarpus schmiedickeanus* (Boed.) Buxb. & Backeb., *Epithelanta micromeris* (Engelmann) Weber, Britton y Rose, *E. bokei* L.D.Benson, *E. spinosior* C.Schmoll, *Obregonia denegrii* Frič, *Leuchtenbergia principis* [Fisch.], *A. retusus* Scheidw., *A. agavoides* (Castan.) E.F.Anderson, *A. kotschoubeyanus* (Lem.) K.Schum. , *A. fissuratus* K.Schum., *A. trigonus* K.Schum., *A. scapharostrus* Boed., *Pelecyphora strobiliformis* (Werderm.) Frič & Schelle ex Kreuz., *Ferocactus echidne* Britton y Rose, *F. rafaensis* (J.A.Purpus) Borg, *F. pilosus* (Galiottii ex Salm-Dyck) Werderm., *F. hamatacantus* Britton & Rose, *Stenocactus multicosatus* (Hildm. ex K. Schum.) A.W. Hill, *S. albatrus* (A.Dietr.) F.M.Knuth, *Escobaria zilziana* (Boed.) Backeb., *E. dasyacantha*, *E. strobiliformis* (Scheer) Boed., *E. chaffeyi* Britton et Rose, *E. emskoetteriana* (Quehl) Borg, *E. vivipara* (Nutt.) Buxb., *Neobesseya asperispina* (Boed.) Boed., *Dolichothele sphaerica* (Dietrich) Britton et Rose, *Mamillaria vivipara* Haw., *M. candida* Scheidw., *M. pottsii*, *M. surculosa* Boed., *M. carretii* Rebut ex K. Schum., *M. weingertiana* Boed., *M. sinotruhamata* Boed., *M. icamolensis* Boed., *M. stella-de-tacubaya* Heese, *M. bombiicina* Quehl, *M. moelleriana* Boed., *M. glassii* R.A.Foster, *M. anniana* Glass & R.Foster, *M. picta* Meinsh., *M. albicoma* Boed., *M. prolifera* (Mill.) Haw., *M. kuentziana* P.Fearn & B.Fearn, *M. lenta* K.Brandege, *M. lasiacantha* Engelm., *M. plumosa*, *M. magallanii* Schmoll, *M. carmenae* Castañeda, *M. laui* D.R.Hunt, *M. roseocentra* Boed. & Ritter, *M. coahuilenses* (Boed.) Moran, *Porfina coahuilenses* Boed., *M. albiarmata* Boed., *M. parkinsonii* Ehrenb., *M. klissingiana* Boed., *M. brauneana* Boed., *M. chionocephala* Purpus, *M. Formosa* Scheidw., *M.*

heyderi Muehlenpf., *M. waltheri* Boed., *M. grusonii* Runge, *M. melanocentra* Poselg., *M. rubrograndis* Repp. & A.B.Lau, *M. zeyeriana* F.Haage, *M. uncinata* Zucc., *M. rosaealba* Boed., *M. magnimamma* Haw., *M. winteriae* Boed., *M. melispina* Werderm., *Coryphantha sulcata*, *C. macromeris* (Engl.) Lemaire, *C. radians* Britton & Rose, *C. delicate* L.Bremer, *C. daimonoceras* Lem., *C. neglecta* L.Bremer, *C. durangensis* Britton & Rose, *C. delaetiana* A.Berger, *C. laui* L.Bremer, *C. pusiliflora* L.Bremer, *C. palmeri* Britton & Rose, *C. roederiana* Boed., *C. sal-dyckiana* Britton & Rose, *C. borwigii* J.A.Purpus, *C. echinus* Britton & Rose, *C. scolymoides* A. Berger, *C. speciosa* Boed., *C. obscura* Boed., *C. difficilis* Orcutt, *C. werdermanni* Boed., *C. ramillosa* Cutak, *C. gladispina* (Boed.) A.Berger, *C. densispina* Werderm., *C. villarensis* Backeb., *C. georgii* Boed., *C. unicornis* Boed., *C. poselgeriana* (Dietrich) Britton y Rose, *C. vaupeliana* Boed., *C. scheeri* (Kuntze) L.D.Benson, *C. pseudoechinus* Boed., *C. bergeriana* Boed. y *C. grata* L.Bremer.

6.4 Distribución de las Cactáceas en el Estado de Nuevo León

El Estado de Nuevo León presenta tres provincias fisiográficas, responsables de la riqueza y diversidad de los ecosistemas que presentan, las que se denominan Planicie Costera del Golfo, Sierra Madre Oriental y Altiplano Mexicano (Figura No. 1) con el 11% de ecosistemas de matorral o desértico y con grandes zonas de transición entre estas y pastizales, así como de matorral submontano, mismos que cuenta con gran riqueza de flora, incluyendo numerosas especies de cactáceas, cuya importancia esta ligada a la cultura de estas regiones, y su empleo va desde alimento, medicina, ornamental y hasta su uso como elementos rituales. Su cultivo y aprovechamiento ha sido restringido, entre otras por su delicado y costoso crecimiento en invernaderos y viveros, pero sobre todo por las presiones en el cambio del uso del suelo en estas regiones de gran desarrollo industrial, que ponen en riesgo el hábitat de estas especies, colocando varias de ellas dentro de alguno de los estatus de la NOM-ECOL-059-2001, que establece las categorías de riesgo de las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Si bien la normatividad mexicana ha regulado este grupo de plantas, con fines

de conservación, dicha regulación dificulta su aprovechamiento, con lo que se propicia el saqueo y el aprovechamiento ilegal de estas.

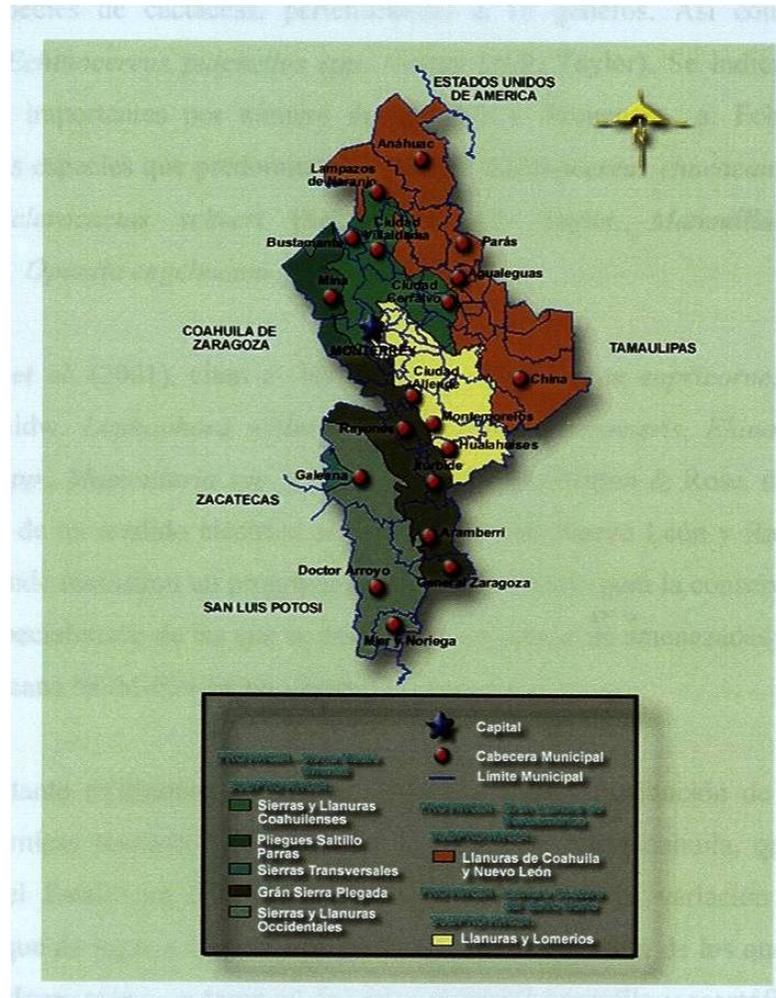


Figura 1. Provincias Fisiográficas del Estado de Nuevo León (mapserver.inegi.gob.mx/... nl fisiografia.gif).

Rocha (2005), registró para el estado de Nuevo León un total de 141 taxa de cactáceas, de los cuales 127 corresponden a especies y 14 a subespecies, incluidos en 31 géneros. Los géneros con el mayor número de especies fueron *Mammillaria* con 24, *Echinocereus* con 19, *Opuntia* y *Coryphantha* con 14, *Turbincarpus* con 10, *Thelocactus* con 8, *Ariocarpus*, *Cylindropuntia* y *Neolloydia* con 5, *Escobaria* con 4, *Astrophytum*, *Echinocactus*, *Epithelantha* y *Ferocactus* con 3, *Aztekium*, *Sclerocactus*, *Stenocactus* y *Stenocereus* con 2 y los demás géneros con una especie.

González y Estrada (2001), encontraron en el Norte del municipio de Galeana, Nuevo León 51 especies de cactáceas, pertenecientes a 16 géneros. Así como, especies asociadas a *Echinocereus pulchellus* spp. *sharpii* (N.P. Taylor). Se indican como los géneros mas importantes por número de especies y frecuencia a: Echinocereus y Opuntia, y las especies que predominaron fueron: *Echinocereus enneacanthus* Engelm. In Wisl., *Sclerocactus scheeri* (Salm-Dyck) N.P. Taylor, *Mammillaria heyderi* (Engelmann), *Opuntia engelmanni* y *O. lindheimeri*.

Ledezma et al. (2001), citan a las cactáceas *Astrophytum capricorne*, *Ariocarpus retusus* Scheidw. *Lophophora williamsii*, *Epitelantha micromeris*, *Echinocereus* spp., *Ferocactus* spp., *Mammillaria* spp. y *Wilcoxia poselgeri* Britton & Rose, en la zona de construcción de un tendido eléctrico en villa de García, Nuevo León y Ramos Arizpe, Coahuila, donde realizaron un programa de rescate y manejo para la conservación de las cactáceas especialmente de las que se encuentran en estatus de amenazadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001.

Mientras tanto (Villarreal y Encina, 2005) indican la distribución de especies de plantas endémicas tomando como base el concepto de Megacoahuila, que amplía la superficie del Estado en más de 100%, misma que incluye variación climática y fisiográfica que da lugar a la presencia de 13 tipos de vegetación de los que el matorral desértico es dominante, con reportes de que el matorral micrófilo y rosetófilo presentan mayor incidencia de elementos con distribución restringida. Comprenden en su estudio a los sitios: Sierra de Lampazos; Sierra de Gomas; Sierra de Mina; Sierra de El Fraile y Sierra Madre Oriental (hasta el cerro El Potosí). Integrando los tres últimos las ANP'S "Sierra Fraile y San Miguel" y "Sierra Corral de los Bandidos", Se indican endemismos que representan 34% del total de especies, presentando los primeros sitios las familias Asteraceae (75), Cactaceae (48) y Lamiaceae (19), con más de 10 taxa de distribución restringida. Señalan especies presentes en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, en las categorías de:

a) En peligro de extinción a: *Ariocarpus fissuratus* y *Coryphantha werdermani*.

b) Sujetas a protección especial a: *Coryphantha durangensis*; *C. pseudoechinus*; *Echinocereus longisetus* (Engelm.) Rümpler; *E. nivosus*; *Epithelantha micromeris* spp. *greggii* (Eng.) Y.Itô; *E. micromeris* spp. *pachyrhiza* (W.T.Marshall); *Mammillaria carretii*; *M. grusonii*; *M. pennispinosa* Krainz; *M. stella-de-tacubaya*; *Opuntia anteojoensis* Pinkava.

c) Amenazadas a: *Astrophytum capricorne*; *A. myriostigma* spp. *coahuilense* Kanfer; *Echinomastus mariposensis*; *Epithelantha bokei*; *Mammillaria coahuilensis* spp. *coahuilenses* (Boed.) Moran; *M. guelzowiana* Werderm.; *M. lenta*; *Thelocactus bicolor* spp. *bolaensis* (Runge) Doweld; *T. macdowellii* (Rebut ex Quehl) W.T.Marshall; *T. rinconensis* spp. *nidulans* (Quehl) Glass & R.A.Foster; *Turbinicarpus mandragora*.

Por su parte, Martínez, *et al.* (2006), describieron el panorama ecológico de las poblaciones remanentes de *Astrophytum asterias* en el noreste de México, describiéndola como una cactácea amenazada, que se distribuye únicamente en Nuevo León, Tamaulipas y sur de Texas, con una densidad poblacional de 3125 Ind./ha en el matorral espinoso tamaulipeco y 1900 Ind./ha en el matorral submontano, indicando que sus poblaciones pueden crecer o mantenerse en densidad mayor a un individuo/ ha en ausencia de colecta mientras que en algunos hábitats han sido arrasadas por actividades humanas y algunas localidades presentan mortalidad por herbívoros. Citan que esta especie presenta un sistema de apareamiento xenógamo facultativo y requiere de los insectos polinizadores (*Ashmeadiella* sp. y *Diadasia rincones*.) Su baja densidad poblacional y ausencia de individuos jóvenes afectan su estado de conservación.

Mientras que Velazco (1999), menciona poblaciones de *Coryphantha*, *Echinocerus*, *Epithelantha* y *Neolloydia* con bajos índices de reclutamiento cerca del área de estudio, por lo que no recomienda el aprovechamiento de individuos de estos géneros.

Así mismo, Nevárez y Gutiérrez (2001), mencionan el rescate de las especies de cactáceas que extrajeron al realizar líneas de transmisión eléctrica en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y Durango, (excepto las del género *Opuntia*) por comparación de diversos métodos con empleo o no de cepellón.

Alanís *et al.* (2001), mencionan que en el territorio Mexicano, el saqueo ilícito de plantas para venderlas en el mercado negro nacional o extranjero, ha llevado al agotamiento de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Según la página www.astrobase.de (2007), indica a las cactáceas y plantas que mayormente se han relacionado con *Astrophytum coahuilense*, mismas que corresponden a 99 especies (agrupadas en ocho familias) entre las que figuran:

Los Agaves: *Agave lecheguilla* Torr., *A. scabra* Ortega y *A. victoriae-reginae* T.Moore y *Yucca thompsoniana* Trel.;

Las Bromelias: *Hechtia glomerata* Zucc., *Hechtia scariosa* L.B.Sm. y, *Hechtia subulata* L.B.Sm.;

Las Cactáceas: *Ariocarpus fissuratus*, *A. kotschoubeyanus*, *A. lloydii*, *Roseocactus lloydii* Rose, *Coryphantha durangensis*, *C. macromeris*, *C. macromeris ssp. runyonii* (Britton & Rose) N. P. Taylor, *Lepidocoryphantha runyonii*, *C. poselgeriana*, *C. valida* (Purpus) L.Bremer, *C. poselgeriana ssp. valida* Heinr ex Backeb., *Echinocactus horizonthalonius*, *Echinocereus fendleri*, *E. pectinatus*, *E. stramineus*, *E. conglomeratus* C.F.Först. ex K.Schum., *Epithelantha micromeris*, *Escobaria laredoi* (Glass & R.A.Foster) N.P.Taylor, *Escobaria tuberculosa* (Engelm.) Britton & Rose, *Ferocactus hamatacanthus*, *Fobea viridiflora* Frič ex Boed., *Hamatoactus longihamatus* Galeotti ex Pfeiff., *H. hamatacanthus* (Muehlenpf.) F.M.Knuth, *Leuchtenbergia principis*, *Lophophora williamsii*, *Mammillaria formosa ssp. chionocephala* (J.A.Purpus) D.R.Hunt, *M. ritteriana* Boed., *M. mexicensis* R.T.Craig, *M. grusonii*, *M. zeyeriana*, *M. pachycylindrica* Backeb., *M. heyderi ssp. gumifera* (Engelm.) D.R.Hunt, *M. gumifera* Engelm., *M. heyderi ssp. meiacantha* (Engelm.) L.D.Benson, *M. meiacantha* Engelm., *M. heyderi v. waltheri* (Boed.) Mottram, *M. lasiacantha*, *M. denudate* (Engelm.) A.Berger, *M. lasiacantha ssp. magallanii* (F.Schmoll ex R.T.Craig), *M. roseocentra*, *M. neobertrandiana* Backeb., *M. lenta*, *M. pottsii*, *M. leona* Poselg., *M. pottsii v. multicaules* Repp., *M. schwarzii* Shurly, *M. stella-de-tacubaya*, *M. viescensis* Rogoz. & Appenz., *M. supertexto* Mart., *M. lanata* Orcutt, *M. candida* (Scheidw.) Buxb., *Mammilloidya candida*, *Neolloydia conoidea* *Opuntia bradtiana*, *O. bulbispina*, *O.*

engelmannii, *O. lindheimeri*, *O. imbricata*, *O. kleiniae*, *O. leptocaulis*, *O. pilifera* F.A.C.Weber, *O. rufida* Engelm., *O. herrfeldii* Kupper, *Sclerocactus hamatus* S. uncinatus (Galeotti) N.P. Taylor, *Glandulicactus hamatus* Backeberg, *Ancistrocactus uncinatus* (Galeotti) L.D.Benson, *Hamatocactus uncinatus* Galeotti ex Borg, *Thelocactus bicolor*, *T. bicolor* spp. *tricolor* Schumann, *T. bicolor* spp. *bolansis* Berger, Kakteen, *T. rinconensis*, *T. nidulans* (Quehl) Britton & Rose, *Turbincarpus mandrágora*, *Gymnocactus mandrágora* (Frič ex A.Berger), *Turbincarpus valdezianus* Glass & R.Foster y *Pelecyphora valdeziana* (H.Moeller).

Las Euphorbiaceas como: *Euphorbia antisyphilitica*, Zucc *Jatropha dioica* Sessé ex.Cerv., *J. spathulata* Müll. Arg.

La Zygothylaceae: *Larrea tridentata* Coult,

La Fouquieriaceae: *Fouquieria splendens* Engelm.,

Las Mimosaceae *Prosopis glandulosa* Torr. y *Prosopis juliflora* (Sw) D.C y,

La Selaginellaceae: *Selaginella pilifera*. A. Braun.

García (2001), indicó para el municipio de Cd. Victoria, y regiones adyacentes 17 taxa endémicos de la cactáceas, entre las que sobresalen especies de los géneros: *Coryphantha*, *Mammillaria*, *Obregonia*, *Thelocactus*, *Escobaria*, *Astrophytum*, *Grusonia* y *Echinocereus*, citando diversas taxa consideradas como raras o en categoría de amenazadas, especialmente para la Región Central del Estado.

6.5 Distribución de Cactáceas y sus Asociaciones Vegetales en Nuevo León

Los patrones de distribución de cactáceas en las diferentes comunidades vegetales de Nuevo León, fueron estudiados por González (2004), observando mas taxa en las comunidades con matorral rosetófilo (86 taxa), matorral micrófilo (80) y matorral submontano (73), siendo el matorral submontano el que alberga la mayor cantidad de especies restringidas al estado (15), seguido por matorral rosetófilo (12) y pastizal (5). Dicho autor evaluó además la riqueza de las especies encontradas, reportando a *Mammillaria* con la mayor riqueza de especies (29), seguido por *Echinocereus* (22), *Opuntia* (16), *Coryphantha* (15), *Turbincarpus* (14) y *Thelocactus* (13). Los sitios con

mayor riqueza fueron: Galeana (58 taxones), Ascensión (53), Zaragoza (53), Sandía (52), Doctor Arroyo (51), Rayones (49) y Mina (48).

Por otra parte, Salas *et al.* (1999), indican la distribución de los taxa susceptibles a extinción en San Luis Potosí, la cuál fue variable dentro de los diferentes tipos de vegetación, observándose una mayor presencia en el matorral desértico rosetófilo, en donde se localizó el 42% de las especies, en el matorral desértico micrófilo el 33%, en el pastizal el 20% y en el matorral crasicale el porcentaje disminuyó a 5%. Además, se observó una concentración de especies amenazadas en el matorral desértico rosetófilo, que se distribuye en laderas de cerros donde el suelo es poco profundo, provisto de rocas calizas y con buen drenaje. La práctica de la ganadería, particularmente del ganado caprino y la pendiente del suelo, que varía de moderada a pronunciada, han provocado que la erosión sea una de las causas que están afectando a esta comunidad vegetal.

Los pastizales de las zonas áridas representan zonas primordiales para el establecimiento y sobrevivencia de cactáceas, Golubov *et al.* (2000), reportaron a las especies *Opuntia leptocaulis*; *O. rastrera* Weber; *O. schotti* (Engelmann) y *O. violacea* (Engelmann) como elementos importantes en los pastizales de la Reserva de la Biosfera de Mapimí, abarcando 40% de las especies encontradas seguidas por *E. merckerii* y *F. hamatacanthus* además de *Coryphantha cornifera* (D.C.); *C. macromeris*; *Homalocephala texensis* (Hopffer) Britton *et* Rose y *Mammillaria heyderi*.

Vite *et al.* (2006), estudiaron la demografía de dos especies de cactáceas con diferente forma de vida y longevidad: *Mammillaria pectinifera* Weber y *Pseudomitrocereus fulviceps* (F.A.C. Weber ex K. Schumann), Bravo & Buxbaum, endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, comparan los principales resultados de dos estudios demográficos hechos por separado para las dos especies con forma de vida, tamaño y longevidad diferentes. *M. pectinifera* es solitaria, globosa, de hasta 3 m de diámetro, con longevidad máxima de hasta 1.5 décadas; es una especie rara y amenazada. *P. fulviceps* es columnar ramificada, de hasta 11-12 m de altura y longevidad máxima de varias centurias; se le ha caracterizada como sujeta a protección especial.

6.6. La Ecología del Establecimiento de las Cactáceas

La vegetación en medios áridos de diferentes partes del mundo esta compuesta por arbustos perennes más o menos espaciados, bajo de los cuales se establecen otras especies, incluidas las cactáceas. Estos arbustos facilitan el establecimiento de las plantas asociadas y son calificados como ‘plantas nodriza’ (Niering *et al.*, 1963; Tuner *et al.*, 1966 y 1969).

Las raíces de las cactáceas son generalmente someras, de acuerdo a su tamaño y especies. Tienen absorción selectiva de nutrientes en diferentes partes de la raíz y por lo general mucho crecimiento horizontal y poco vertical, pues el suelo no tiene mucha profundidad por lo que un viento fuerte puede derrumbar la planta. Las raíces se ramifican mucho en temporada de lluvias. Las cactáceas son formadoras de raíces, evitan la erosión, retienen nutrientes, por lo que es importante considerarlas en los programas de restauración.

Las raíces adventicias no son muy largas, son fijadoras; salen de la nervadura, se usan mucho en los esquejes para la propagación vegetativa; *Mammillaria magnimamma* Haw. Tiene una raíz y muchas cabezas. La raíz principal es la raíz primaria que sale de la radícula, que en cactáceas no es muy larga. Algunas cactáceas tienen micorrizas o bacterias que absorben nitrógeno (Britton y Rose, 1963; Bravo, 1978; Bravo y Sánchez, 1991; Anderson, 2000).

La raíz Napiforme: En forma de nabo, representada por *Ariocarpus agavoides* (Castaneda) E.F.Anderson y *Lophophora*: el peyote es napiforme, vive en colonias, pero cada uno tiene su propia raíz (Britton y Rose, 1963; Bravo, 1978; Bravo y Sánchez, 1991; Anderson, 2000).

La raíz Tuberosa Claviforme: En la *Opuntia* subterránea, tiene una raíz parecida a camotes. En general las *Opuntias* tienen raíces finas y delgadas *Mammillaria magnimamma a*: tubérculos verdes, varias cabezas y solo una raíz. Las especies de los géneros *Peniocereus* tienen forma de tubérculos; mientras que *Thelocactus mandragora*

presenta una raíz que es un tubérculo, como nabo y especies de *Mammillaria* tienen raíz carnosa y fibrosa (Britton y Rose, 1963; Bravo, 1978; Bravo y Sánchez, 1991; Anderson, 2000).

La capacidad de aprovechamiento de los nutrientes presentes en el suelo, está relacionado con la extensión y forma de las raíces de las cactáceas, aunada a la presencia del potencial hídrico que les permita transportarse por mecanismos de conducción y capilaridad por sus tejidos (xilema) para ser empleados en los procesos metabólicos donde intervienen. El estrés de agua suberifica las raíces y disminuye su conductividad, por lo que son las raíces jóvenes las que absorben la mayor cantidad de nutrientes edáficos, siendo de gran importancia el tamaño de sus partículas y la distribución de estos en el suelo, lo cual explica la respuesta de las plantas en diferentes sitios (Nobel 1984; Nobel y Valenzuela 1987; Nobel 1988).

La estructura y composición de las comunidades vegetales está afectada por interacciones positivas o negativas entre plantas, este balance que puede cambiar en intensidad y signo, es dinámico y depende de la disponibilidad de recursos y de la historia vital de la planta (Armas y Pugnaire, 2005). Un ejemplo de este balance es visto en el denominado síndrome de planta nodriza (Franco y Nobel, 1989), en donde las plantas adultas de algunas especies facilitan el establecimiento y desarrollo de otras especies. En ambientes semi-áridos, la facilitación incluye un incremento en la disponibilidad de agua y nutrientes (Hozapfel y Mahall, 1999). Los suelos donde se encuentran asociaciones con plantas nodrizas comúnmente presentan un alto contenido de nutrientes en comparación con las áreas aledañas, mismos que inducen un incremento relativo en el desarrollo de plántulas (García y Mckell, 1970; Pugnaire *et al.*, 1996, 2004; Tirado y Pugnaire, 2003).

En las zonas áridas, las limitaciones impuestas por la escasez de agua y las altas temperaturas, son críticas para la germinación y establecimiento de las plántulas (Nobel, 1988), pero pueden ser atenuadas por el sombreado de arbustos nodriza (Patten, 1978; Smith *et al.*, 1987) y por la protección de rocas grandes (Steenbergh y Lowe, 1969; Larmuth y Harvey, 1978). Adicionalmente, los arbustos pueden modificar otros factores

como la radiación solar (Nobel, 1980; Franco y Nobel, 1989), la fertilidad del suelo (García y Mckell, 1970; Charley y West, 1975; Franco y Nobel 1989), el daño mecánico y la depredación (McAuliffe, 1984; Suzan *et al.*, 1996). El patrón de establecimiento bajo arbustos es una de las causas principales de distribución en conglomerados de las cactáceas (Nobel, 1980; Vandermeer, 1980; McAuliffe, 1984), aunque también se pueden formar conglomerados en espacios abiertos por efectos de competencia, apacentamiento y alelopatía (Fowler, 1986).

Méndez *et al.* (2003), relacionaron con variables ambientales el crecimiento de diversas cactáceas bajo del pabellón de *Larrea spp.* Observando que siete de los 15 cactus fueron encontrados asociados, mientras que las otras especies fueron encontradas en espacios abiertos. Ellos indican que la materia orgánica y la humedad presente en los suelos bajo la sombra de los árboles, se relacionan con una mayor densidad de cactáceas. Concluyendo que bajo del pabellón de *Larrea spp.* las condiciones ambientales le resultan favorables para su germinación.

Lawrence (2003), realizó un estudio en Sonora, indicando que amen del 85-90% del componente hídrico principal del Saguaro: *Carnegiea gigantea* (Englemann), su masa seca presenta el 18% de componentes minerales tales como: oxalato de calcio ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), carbonato de magnesio pentahidratado ($\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Carbonato Trihidratado de Magnesio ($\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), Oxalato Dihidratado de Magnesio, $\text{MgC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y Carbonato Monohidratado de Calcio $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y Calcita, que sintetiza en sus procesos metabólicos al tomar el CO_2 de la atmósfera. Incorporando por acción de los microorganismos descomponedores estos minerales al suelo, especialmente por la lixiviación y la acción del viento.

Monje y Baran (2002), analizaron la composición química y morfología de siete especies de Cactaceae, de la subfamilia de Opuntioideae e igual número de especies de la subfamilia Cereoideae, observando en sus vástagos, depósitos de cristales de oxalato del calcio de gran pureza. La relación directa establecida entre una especie dada de

cactus y un oxalato definido del calcio biomineral, parece ser una herramienta útil para la identificación y la quimiotaxonomía de estas.

La asociación positiva de cactáceas con arbustos nodriza se ha descrito en los desiertos de Sonora y Chihuahua teniendo especial beneficio en las primeras etapas de vida de las cactáceas (Turner *et al.*, 1966; McAuliffe, 1984; Franco y Nobel, 1989; Suzan *et al.*, 1996; Yeaton, 1978).

Reyes (2000), evaluó el efecto nodriza sobre las cactáceas del desierto costero del norte de Sinaloa encontrando que las condiciones físicas y bióticas del área de estudio son menos restrictivas y favorecen su establecimiento en espacios abiertos; las piedras abundantes en el matorral abierto pueden reemplazar el sombreado de arbustos sin interferir con las necesidades de radiación de plantas adultas ni con el agua proveniente del rocío y la neblina.

García y Bye (1992), proponen algunas estrategias de conservación para la familia Agavaceae, que fueron incorporadas en las propuestas del plan de acción para la conservación de cactáceas y suculentas (Oldfield, 1997), entre ellas destacan la identificación de las áreas de mayor diversidad y endemismos de Agavaceae y la identificación de especies que se encuentran bajo algún tipo de riesgo de extinción. Aun cuando el endemismo y riesgo de extinción de las cactáceas y suculentas han sido investigados con más profundidad que en otras familias botánicas, estas propuestas bien pueden ser aplicadas para otros grupos taxonómicos menos estudiados (Salas *et al.*, 1999).

Los factores principales que disminuyen la supervivencia de las plántulas al crecer lejos del dosel de la nodriza son: 1) La mayor probabilidad de consumo por algún herbívoro, 2) El alto porcentaje de radiación incidente y 3) Una menor humedad. (Bravo *et al.*, 2007).

Algunas plantas, a pesar de su preferencia por el uso de nodrizas, no demuestran una asociación específica, si no que, se encuentra bajo las especies que dominan en cobertura y no con la especie con mayor densidad (Moreno, 2001). Lo anterior indica claramente que el uso de la cobertura se define por el área de cobertura de las especies y no por la especie nodriza misma, lo cual concuerda con los trabajos de Álvarez *et al.* (1999), realizados con *Lophophora diffusa* (Croizat) Bravo en Querétaro; los de De Viana *et al.* (1999), con *Trichocereus pasacana* Britton & Rose, en Argentina; así mismo con los trabajos de Turner *et al.* (1966) y Hutto *et al.* (1986), con *Carnegiea gigantea* en Estados Unidos.

Flores y Callejas (1999), encontraron que el crecimiento de *Echinocactus platyacanthus* disminuye al disminuir la radiación solar, por lo que no se encuentra asociado a arbustos, mientras que *Neobuxbaumia tetetzo* (F.A.C.Weber & J.M.Coulter) Backeberg mantiene valores altos de crecimiento con intercepciones de luz cercanas al 50%, encontrándose asociada en sus fases juveniles a diferentes especies de arbustos.

Reyes y García (1999), encuentran que *Opuntia puberula* Pfeiff., *O. rileyi* J.G.Ortega, *O. spraguei* CCG. Ortega y *O. wilcoxii* Britton & Rose se asocian a arbustos, mientras que *Echinocereus sciurus* (K.Brandege) Dams, *Mammillaria dioica* K.Brandege y *M. mazatlanensis* K. Schumann ex Gürke se encuentran asociados a estructuras rocosas.

El tamaño y la abundancia de los cactus columnares de la zona semiárida de los Andes en Venezuela (*Stenocereus griseus*, *Cereus repandus* Mill y *Pilosocereus tillianus* R.Gruber & Schatzl) que crecen en asociación de las especies (*Prosopis juliflora*, *Acacia farnesiana* (L.) Willd., y *A. macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd.), tienen interferencia positiva, requiriendo *S. griseus*, *C. repandus* de plantas nodrizas para su crecimiento (Larrea y Soriano, 2006).

Los requerimientos de nutrientes de esta familia de plantas, en los resultados de los análisis practicados en seis especies de nopales del valle de México mostraron niveles más altos de potasio, llegando hasta 37.9 %, no obstante, las cantidades de calcio fueron menores (Fernández, 1949).

La composición de cenizas de las cactáceas es muy variable no tan sólo entre las distintas especies, sino también, dentro de una misma, ya que depende en parte, de la composición química del suelo y de los complejos fenómenos de la disponibilidad de ellos para la planta relacionados con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación o ionización, humedad y textura de los suelos. En las cactáceas las plantas mejor estudiadas desde el punto de vista de sus cenizas, son los nopales y debido a su uso como alimento para el ganado (Bravo, 1978). Él mismo autor menciona que los componentes principales de las cenizas son calcio y potasio, encontrándose también algo de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de fierro, aluminio y manganeso, predominando en forma de carbonatos, aunque también se encuentran como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades de fosfatos.

Vargas (1985) menciona que en agrupaciones de halófitas con estrato de inducción calichoso, se registraron pocas especies tales como: *Echinocereus dubius* y *Coryphantha poselgeriana*, mientras que en zonas aledañas donde la agrupación seguía manteniéndose pero la cantidad de sales disminuía, el genero *Opuntia* fue el mejor representado.

El área de distribución de las cactáceas se ve afectada por la heterogeneidad del ambiente y por los requerimientos fisiológicos de cada especie. Los valores extremos de temperatura fijan límites latitudinales y altitudinales de distribución a muchas cactáceas. A una escala más local, las propiedades del suelo juegan un papel fundamental. La mayoría de los cactus muestran una distribución espacial agregada, lo cual es un reflejo de la distribución aparchonada de los recursos en los ambientes altamente heterogéneos que habitan. La asociación de los cactus con plantas nodriza es otro de los factores que explica su distribución agregada. Muchos cactus crecen en asociación con estas plantas nodriza, particularmente durante los primeros estadios. La sombra de estas plantas perennes reduce la evapotranspiración y amortigua la temperatura, lo cual incrementa la germinación y el establecimiento de los cactus. En algunos casos se ha detectado especificidad entre especies particulares de cactus y ciertas plantas nodriza. Aun así, algunos cactus globosos pueden establecerse en ausencia de plantas nodrizas. En estos

casos, las rocas y otras irregularidades del terreno podrían facilitar la germinación y el establecimiento (Godínez *et al.*, 2003).

El establecimiento de plántulas es una etapa crítica en el ciclo de vida de especies de cactus, debido a que la mayoría de éstas mueren por diversos factores como estrés por altas temperaturas, carencia de agua y nutrientes o tasas altas de herbívora (Valiente y Ezcurra, 1991). Sin embargo, se ha observado que el establecimiento de plántulas está directamente relacionado con la presencia de plantas nodriza, las cuales le proporcionan protección contra algunos factores adversos (Franco y Nobel, 1989; Valiente y Escurra, 1991) e incrementan sus límites de abundancia y distribución (Leirana y Parra, 1999). Además de la protección por plantas nodriza, las plántulas deben tener características anatómicas, morfológicas y fisiológicas que coadyuven a su supervivencia.

Las piedras superficiales y afloramientos rocosos afectan el movimiento de calor y agua en el suelo. Actúan como aislante térmico durante el día (Jury y Bellantuoni, 1976) y ayudan a reducir las temperaturas extremas (Nobel, 1978; Dean y Turner, 1991; Nobel *et al.*, 1992). Los poros no capilares y las sendas tortuosas de escurrimiento propiciadas por piedras aumentan la infiltración del agua y reducen la escorrentía (Epstein, *et al.*, 1966; Lamb y Chapman, 1943; Agassi y Levy, 1991). En suelo desnudo, la energía cinética de la lluvia contribuye a sellar los poros del suelo y se incrementa la pérdida de agua por escorrentía (Agassi y Levy, 1991). El bloqueo de las gotas de lluvia produce acumulación de agua en la orilla de las piedras y en su cara inferior (Nobel *et al.*, 1992), mientras el vapor de agua que asciende a la superficie del suelo es bloqueado y condensado en la superficie inferior de las piedras (Jury y Bellantuoni, 1976). La evaporación es mayor en comparación con un sitio adyacente sin piedras (Epstein *et al.*, 1966; Lamb y Chapman, 1943).

Moreno (2001), realizó un estudio de la distribución espacial de *Echinocereus enneacanthus* y *E. papillosus* Linke ex Rümpler y su asociación con la cobertura de especies arbustivas, y encontró que *E. papillosus* prefiere estar bajo la cobertura de especies vegetales o nodrizas, pero sin mostrar preferencia o asociación con alguna

especie en particular, mientras que *E. enneacanthus* prefiere estar expuesta directamente al sol, lo que concuerda con lo referido para el país de Argentina (Álvarez, 1999; De Viana *et al.*, 1999) y en Estados Unidos (Turner *et al.*, 1966; Hutto *et al.*, 1986) con *Carnegiea gigantea*.

En un estudio sobre la relación entre la ecología reproductiva y la estructura genética de diversas poblaciones de *Agave lecheguilla* a lo largo de un gradiente latitudinal en la porción mexicana del desierto chihuahuense, se demostró que las diferencias en los contaminantes no solo afectan la eficiencia reproductiva de poblaciones de plantas, sino también determinan su estructura genética (Silva y Eguiarte, 2003).

Teixeira *et al.* (2004), relacionaron factores edáficos con la diversidad y densidad de las cactáceas de Lima, reportando al fósforo, al potasio y a la conductividad eléctrica como factores limitantes en su crecimiento.

Existen otros factores dentro del ecosistema que intervienen en la distribución de las cactáceas tales como sus polinizadores y predadores, así lo describe Bentley (1977), respecto al uso de néctar extrafloral del cactus *Neoraimondia arequipensis spp. gigantea* (Werdermann & Backeberg) Ritter por parte de adultos de la mariposa especialista en zonas áridas *Strymon jacqueline* Nicolay & Robbins (Lepidoptera: Lycaenidae: Eumaeini), indicando sus implicaciones en relación a la supervivencia y reproducción en un entorno desértico y su importancia como polinizadores del cactus.

6.7 Manejo de las Cactáceas y Especies Asociadas en Áreas Naturales Protegidas

Conservar la diversidad vegetal, implica mantenerla evolucionando para que genere nueva diversidad que podamos utilizar. Esto solo se logra manteniendo las poblaciones vegetales en su ambiente natural, es decir, en los sitios donde se originaron o donde han desarrollado sus características. Las poblaciones deben ser suficientemente grandes para que sobrevivan y mantengan su diversidad genética indefinidamente (tamaño

poblacional efectivo). Sin embargo, como no siempre es posible o práctico mantenerlas en un tamaño ideal, se puede llegar a un tamaño poblacional mínimo viable que permita conservarlas, incluso a un nivel aceptable de pérdida de diversidad genética. Los estimados para el tamaño poblacional mínimo viable (unidad de conservación *in situ*) son variables. (Frankel y Soulé, 1981) recomiendan entre 500 y 2000 individuos mientras que (Hawkes, 1991) recomienda 1000 individuos como mínimo (Baena *et al.*, 2003).

Actualmente en México existen 154 ANP de carácter federal, las cuales están incluidas dentro de una política de Estado que promueve y fomenta el desarrollo del “ecoturismo” dentro de sus terrenos, sin considerar que las ANP estén preparadas con un programa de uso público para el manejo y control de los visitantes y sus impactos. Tan solo en 60 ANP existe personal operativo y solo 33 de ellas cuentan con programa de manejo (CONANP, 2005).

Los impactos negativos son una consecuencia inevitable de la recreación en áreas naturales o silvestres, sean éstas reconocidas legalmente como protegidas o no. Las actividades recreativas pueden ocasionar alteraciones sobre todos los elementos de los ecosistemas naturales siendo el suelo, vegetación, fauna y agua los afectados en primera instancia (Leung y Marion, 2000).

Para el caso de la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), área natural protegida ubicada dentro del Desierto Chihuahuense, la promoción y el uso recreativo se ha desarrollado sin planeación y manejo desde 1970, (Kaus, 1993). Además, no existe evidencia de beneficio significativo para la economía y sociedad local por la realización de la recreación en la reserva. Los impactos sobre los recursos naturales han sido graves y existen áreas donde por la fragilidad de los ecosistemas, posiblemente nunca recuperarán su funcionalidad ecológica (Gutiérrez *et al.*, 2006), que reportan que los impactos ocasionados por sus visitantes en los sitios de acampar fueron negativos con diferencia negativa de cobertura vegetal de hasta en 76%, con respecto a sus respectivos

sitios de referencia comparativa. La estabilidad de agregados en el suelo se encontró que tres de los cinco sitios de acampar presentaron inestabilidad, por lo que su susceptibilidad a ser erosionados aumentó. En los sitios con mayor cantidad de anillos de fogata fue donde mayor cantidad de plantas dañadas por visitantes se encontraron y donde una gran cantidad de basura se recolectó. En los sitios de acampar fue evidente la escasa y nula presencia de cactáceas tanto dentro del sitio como en las áreas aledañas a este, debido al saqueo y vandalismo, al igual que el zacate tobozo, cuya distribución se vio disminuida, por lo que estas especies fueron consideradas como indicadoras de impacto.

González y Sosa (2003), realizaron el análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna del Cañón de Santa Elena, en el desierto chihuahuense a lo largo de un gradiente altitudinal desde los 600 m a las orillas del río Bravo hasta los 2.400 m, utilizando Modelos Digitales de Elevación, ellos reportan por este método la existencia de nueve grupos de vegetación pudiendo identificar especies dominantes y subdominantes en cada grupo, así como su distribución geográfica y superficie que ocupan dentro del área protegida. Los autores concluyen que el gradiente altitudinal es el principal factor que determina las asociaciones vegetales y permite conocer su distribución espacial. En total reportaron 118 especies, entre las que figuran las *Poáceas*, *Euphorbiaceas*, *Mimosaceas*, *Agavaceas* y *Zygophyllaceas*. También citan a *Larrea tridentata*, como la especie de mayor importancia jerárquica por composición botánica y que es dominante en el nivel de 600 a 900 m y presente hasta una altitud de 1600 m. En Querétaro, México; la localidad “La Cañada” es un área con bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo medianamente conservados, donde se han realizado estudios de análisis florístico obteniendo datos importantes sobre la riqueza taxonómica (76 familias), origen de la flora (83.7% son nativas) y distribución y endemismo, donde el 45.6% del total de especies encontradas en la zona son endémicas de México y pertenecen a la familia cactaceae (Cabrera y Gómez, 2005).

Acosta *et al.*, (2003), reportan para una zona semiárida de la cuenca alta del río Tehuantepec del Estado de Oaxaca, (constituido principalmente por bosque tropical

caducifolio), la presencia de manchones de matorral xerófilo y en menor extensión por bosque de encino y de pino-encino, donde se registraron 448 especies, de 272 géneros que corresponden a 89 familias de las cuales a nueve les corresponden el 53% de las especies entre las que destacan las leguminosas, las compuestas, las gramíneas, las euphorbias y las cactáceas ocupando estas últimas el tercer lugar en número de especies presentes, con 32 especies de amplia distribución y dos de restringida. Entre las que destacan las especies de *Opuntia*, *Mammillaria*, *Cephalocereus* y *Pachycereus*. También indican como principales factores en el establecimiento de sus comunidades, al clima y al uso del suelo o influencia de actividades humanas.

En España, se considera como área natural protegida a los ecosistemas terrestres y/o marinos en donde se conservan por tiempo indefinido la diversidad biológica y otros recursos naturales, al igual que las características culturales asociadas a ellos, geográficamente definidas y legalmente designadas, las áreas protegidas aplican diferentes grados de aislamiento a las poblaciones que conservan dependiendo de lo amenazadas que estén estas especies (Baena *et al.*, 2003). Tradicionalmente, se han utilizado para conservar bosques, fauna y flora silvestres aunque también como reserva de parientes silvestres de especies cultivadas (Maxted *et al.*, 1997; Glowka *et al.*, 1994; FAO, 1998).

Los estudios de composición florística y vegetación son muy importantes por cuanto permiten conocer las especies que conforman un área geográfica. En la Cuenca “La Gallega”, situada en Perú, se ha estudiado la composición florística y vegetación, para lo cual se registró la distribución altitudinal de las especies, así como de los pisos de vegetación; resultando una importante diversidad, con 191 especies presentes en seis pisos de vegetación entre los 165 y 3100 msnm (Ceroni *et al.*, 2003), también relacionaron factores edáficos con la diversidad y densidad de las cactáceas, reportando al fósforo, al potasio y a la conductividad eléctrica, como factores limitantes en su crecimiento.

El "Área Natural Protegida Altas Cumbres" de Cd. Victoria, Tamaulipas; Pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y a la Subprovincia de la Gran Sierra Plegada (INEGI, 1986), (Ver Figura No.1). En ella se reportan un total de 28 especies de cactáceas. Los géneros con mayor diversidad en la localidad son: *Mammillaria* con 9 especies y *Opuntia* con 6. Considerando que en Tamaulipas existen aproximadamente 139 especies de cactáceas (Martínez, 1993); se infiere que en el área ecológica protegida "Altas Cumbres" se encuentran cerca del 20.14% de las cactáceas tamaulipecas. Entre las que figuran: *Acanthocereus pentagonus* (Linné) Britton et Rose, *Cephalocereus palmeri* Rose, *Dolichothele melaleuca* (Karwinsky ex Salm-Dick) Boedeker, *Dolichothele sphaerica* (Dietrich) Britton et Rose, *Echinocereus blanckii*, *E. pentalophus* (De Candolle) Lemaire, *E. viereckii*, *Ferocactus echidne*, *F. hamatacantus*, *Mammillaria albicoma*, *M. baumii* Boedeker, *M. carmenae*, *M. glassii*, *M. laui*, *M. picta*, *Mammillaria prolifera*, *M. roseoalba*, *M. rubrograndis*, *Nopalea dejecta* (Salm-Dyck), *Opuntia decumbens* Salm-Dyck, *O. leptocaulis*, *O. leucotricha* De Candolle, *O. lindheimeri*, *O. pubescens* Wendland in Pfeiffer, *O. stricta*, *Selenicereus spinulosus*, *Stenocereus griseus* y *S. pruinosus* (Otto) Buxbaum.

6.8. Estudios Botánicos de las ANP's.

Las ANP's en estudio pertenecen a las provincias fisiográficas: Sierra Madre Oriental y Altiplano Mexicano, las ANP's en estudio se ubican en las faldas de estas, en los ecosistemas de transición entre matorral submontano y matorral o desértico y pastizales, el cual cuenta con gran riqueza de flora, incluyendo numerosas especies de cactáceas, cuya importancia esta ligada a la cultura de estas regiones, y su empleo va desde alimento, medicina, ornamental y hasta su uso como elementos rituales.

Su explotación y las presiones por el cambio de uso del suelo en estas regiones áridas de gran desarrollo industrial, ponen en riesgo el hábitat de estas especies, colocando varias de ellas dentro de alguno de los estatus de la NOM-ECOL-059, 2001 que establece las categorías de riesgo de las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Si bien la normatividad mexicana ha regulado este grupo de plantas, con fines

de conservación, dicha regulación dificulta su aprovechamiento, con lo que se propicia el saqueo y el aprovechamiento ilegal de estas.

Los estudios botánicos de las ANP's consisten en algunos reportes de flora y fauna presentes en el programa de manejo realizado por la entidad administrativa de Gobierno del Estado, no obstante no existen publicaciones sobre estudios *botánicos* de la misma, además del presente estudio, se encuentran en fase de campo, una tesis de licenciatura que comprende un listado de *cactáceas* por Jovana Ortiz y una tesis de postgrado sobre la polinización de algunas especies de cactus por Ramírez F, Lilitana, ambas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. La mayoría de los estudios existentes cercanos a estas, hacen referencia al municipio de Villa de García en Nuevo León.

Las *cactáceas* citadas en la zona de influencia de las Áreas Naturales Protegidas en estudio “Sierra Corral de los Bandidos y “Sierra el Fraile y San Miguel”, corresponden a los géneros, *Opuntia*, *Mammillaria*, *Ferocactus*, *Echinocereus* y *Thelocactus* (Gob., del Estado de N.L., 2002). Los usuarios de esta riqueza, son los vecinos de estas ANP'S, las principales actividades que realizan son: La ganadería caprina y equina extensiva, la extracción de *Agavaceae* para elaboración de fibras, y de *cactáceas* para alimento fresco para el ganado en época de seca (marzo-mayo), o para uso medicinal y de consumo humano, en menor grado, extraen *candelilla* para su comercialización, además de leña y sus derivados. (INEGI, 1986).

Existen algunos reportes de *cactáceas* en la zona tales como el de (Vargas, 1985), quien estudió a 3 y 7 kilómetros de la zona limítrofe de Corral de los Bandidos, en el Municipio de Mina Nuevo León, la fenología reproductiva de *E. stramineus* mencionando como meses de floración de febrero-abril y de producción de frutos de junio a diciembre.

El Gobierno del Estado en el 2002, cita en el programa de manejo, para el ANP “Sierra Corral de los Bandidos” las siguientes *cactáceas*: *Echinocereus dubius*, *E. stramineus*, *Ferocactus hamatacanthus*, *Mammillaria candida*, *M. heyderi*, *M. pottsii*,

M. winteriae, *Opuntia engelmannii*, *O. microtaxis*, *S. multicostatus*, *Thelocactus bicolor* y *T. rinconensis*.

Además citan para la familia Cactaceae ocho especies: *Echinocereus enneacanthus* (pitahaya), *Escobaria tuberculosa*, *Mammillaria melanocentra*, *M. prolifera*, *Opuntia imbricata*, *O. leptocaulis* (tasajillo, o coyocoyonoxtle), *O. sp.*, (nopal), y *Selenicereus spinulosus*. (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

6.9. Dinámica Poblacional de Cactáceas y Factores Antropogénicos.

Flores *et al.*, (2006), evaluaron los recursos genéticos como el Nopal (*Opuntia spp*), para el aprovechamiento de las grandes regiones áridas y semiáridas del norte de México. En este trabajo presentan antecedentes del uso de nopal en otros países como india donde realizan la selección de clones adaptados a la aridez con mejor producción, o de su empleo como forraje para ganado como lo hace Brasil. Así como los resultados de la evaluación preliminar de genotipos de nopal en la región Laguna de Chihuahua en México. También se mencionan la importancia del nopal forrajero *Opuntia engelmannii* como alimento para el ganado en el noreste de México y las maneras en que éste se puede aprovechar (Alanís y Ramírez, 2001).

En Coahuila, se evaluaron dos especies de cactáceas y una de agave: *Astrophytum myriostigma spp. coahuilense*, *Normanbokea valdeziana* y *Agave victoriae-reginae* respectivamente, reportando para sus poblaciones bajas densidades, restringidas a áreas específicas, además de que se han incrementado los índices de desaparición y reducción de las poblaciones naturales por el saqueo, comercio ilegal, desmontes, destrucción de su hábitat y daño por depredadores como lagomorfos e insectos (López *et al.*, 2001).

El uso de las cactáceas en México se remonta a épocas anteriores a la llegada de los españoles. Diversas fuentes testifican la importancia que estas plantas tenían para las diferentes culturas que habitaban en nuestro territorio. El consumo de los tallos y los frutos como alimento humano es, probablemente, el uso más común que los antiguos

pobladores de México dieron a estos vegetales. Sin embargo, muchas especies tenían un uso medicinal o eran fuente de materias primas para la construcción y la elaboración de armas de caza y pesca, así como de diversas herramientas. Algunas de ellas llegaron a tener un significado divino y se utilizaban en ceremonias religiosas. Tal es el caso del peyote (*Lophophora williamsii*), un pequeño cacto con propiedades alucinantes que hasta la fecha es importante dentro de las creencias y costumbres de varios grupos étnicos, como los Huicholes, Tarahumaras, Coras y Tepehuanes. Como consumo humano se emplean prácticamente todas las partes de las plantas, especialmente en épocas navideñas o de muertos son muy demandados los géneros *Echinocactus* y *Mammillaria*, para elaborar el dulce de acitrón. El consumo de tunas y nopalitos en estados del centro y norte de la república el cual se extiende en su comercialización a toda la república, empleándose deshidratados para evitar algunos malestares o como fibra para la digestión, además de las pitayas, tunillos, garambullos y xoconoxtles, frutos de cactus que tradicionalmente consumen habitantes de las zonas áridas del país, (Becerra, 2000).

Tesoriere *et al.*, (2004) indican los valiosos efectos antioxidantes contenidos en los pigmentos que contienen los frutos del nopal *Opuntia ficus-indica* L. ya que contrarresta el daño causado por el efecto oxidante de las grasas así como el ocasionado por el estrés. También mencionan beneficios de que se presenten en combinación con la vitamina C, reportando más benéfico para la salud y prevención de enfermedades su consumo frecuente que el empleo de suplementos de vitamina C.

Las cactáceas se emplean también en la agricultura como alimento de ganado, como cerca de protección, para evitar erosiones, para control de plagas de mamíferos, etc. Además de ser empleados en la industria química para obtención de mucílagos, gomas y pectinas, colorantes y alcaloides diversos, (Bravo y Sánchez, 1991).

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Coahuila, (López *et al.*, 2002) trabajaron sobre uso y producción de *Opuntia* como forraje en el noreste de México. Indicando que este género presenta distribución del 60% en la región del

desierto Chihuahuense con 104 especies, siendo las de mayor importancia como forraje: *Opuntia leucotricha*, *O. streptacantha* Lemaire, *O. robusta* H.L.Wendl. ex Pfeiff., *O. cantabrigiensis* Linch, *O. rastrera*, *O. lindheimeri* y *O. phaeacantha*, por lo que efectúan la siguiente clasificación:

A. *Zona Central-sureste*. Incluye partes del estado de Puebla, Querétaro y Oaxaca, y se caracteriza por cultivar *nopales*, *tunas* y forraje las especies empleadas son: *O. ficus-indica* (*nopal de Castilla*), *O. amyclaea* Tenore (*nopal alfajayucan*), *O. megacantha* Salm-Dick (*tuna amarilla*) y *O. tomentosa* Salm-Dyck.

B. *Zona Plata Alta*. Comprende los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, e incluye parte de Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco con tres tipos de vegetación de *O. leucotricha* (*nopal duraznillo*) y *O. streptacantha* (*nopal cardón*), *O. robusta* (*nopal tapón*), *O. cantabrigiensis* (*nopal cuijo*), *O. rastrera* (*nopal rastrero*), *O. lindheimeri* (*nopal cacapano*) y *O. leptocaulis* (*nopal tasajillo*).

C. *Zona Norte* Comprende una gran parte del desierto Chihuahuense e incluye los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila. Esta representado por *O. cantabrigiensis*, *O. phaeacantha* (*nopal rastrero*), *O. lindheimeri* y *O. rastrera*.

D. *Zona Costera del golfo de México* Incluye los estados de Coahuila, norte de Nuevo León y Tamaulipas, con *O. lindheimeri* asociadas con especies forrajeras como: *O. leptocaulis*, *O. microdasys* (*nopal cegador*), *O. imbricata* y *O. rastrera*.

En la zona que comprenden las áreas naturales del presente estudio, reportan a las especies:

O. leucotricha (*nopal duraznillo*). Especie mas ampliamente distribuida en la región B en altitudes entre 1500 y 2500 msnm con precipitación anual de 220 a 450 mm. Sus poblaciones han sido altamente afectadas por el continuo incremento del cultivo de maíz y frijol.

O. streptacantha (*nopal cardón*) esta presente a lo largo de los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, Aguascalientes, Durango, Jalisco y Guanajuato. Siendo afectada por graves problemas de erosión.

O. robusta (*nopal tapón*) crece en asociación como *O. leucotricha* y *O. streptacantha*. Esta ampliamente distribuida en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes y Jalisco. Muy empleados para consumo humano.

O. cantabrigiensis (*nopal cuijo*) Se distribuye entre altitudes de 1500 a 2200 msnm en los estados de Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Aguascalientes, Durango, Jalisco, Querétaro y Guanajuato.

O. rastrera presente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango y Aguascalientes. Empleado como alimento para Ganado.

O. lindheimeri (*nopal cacanapo*) se extiende sobre los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en altitudes alrededor de 1000 msnm con precipitaciones anuales de 400 mm. La especie tiene cuatro variedades todas usadas como forraje: *aciculata*, *lindheimeri*, *subarmata* y *tricolor*.

O. phaeacantha crece ampliamente en Coahuila y partes del sureste de Chihuahua y Durango con 200 mm de precipitación anual y en altitudes entre los 1500 y 1700 msnm. Se han descrito cinco variedades forrajeras: *major*, *phaeacantha*, *diskette*, *spinosibaca* and *Nigerians*.

O. engelmannii se encuentra en el noreste de Zacatecas y suroeste de Coahuila en altitudes entre los 1700 y 2200 msnm usada para alimentar cabras y chivas.

O. imbricata (*nopales coyonoxtle, xoconoxtle, cardenche* o *cholla*) ampliamente distribuida en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Chihuahua, Aguascalientes, Durango, Jalisco y Guanajuato, muy socorrida para alimento de cabras.

O. microdasys se emplea para alimento de Ganado en condiciones muy severas de sequía en partes del estado Coahuila, norte de San Luis Potosí y Zacatecas.

O. violacea (*morado*) se reconoce por sus pencas color morado se encuentra en Chihuahua, noreste de Coahuila y este de Durango con 200 mm de precipitación anual, con veranos de (+ 45 °C) e inviernos de (-8 °C) su calidad forrajera es pobre.

Opuntia rufida (*Opuntia*) su calidad forrajera es pobre y se emplea solo en casos emergencia.

El consumo estimado de pencas por vaca es de 15-40 kilos de producto fresco al día y en condiciones de extrema sequía esto aumenta arriba de 90 Kg. y para chivas entre 3 y 9 kg. Siendo esto una gran presión para este recurso, sobre todo en épocas de sequía.

En estudios sobre producción de carne en México se reporta que una combinación de 55 Kg. de *Opuntia* combinados con 25 Kg. de maíz son requeridos para producir un kilo de carne. En Coahuila combinaron alimento en grano para ganados, maíz fermentado y melaza con 10 a 20 Kg. de trozos de *Opuntia*, teniendo un aumento de peso de 0.1 a 0.6 Kg. al día por animal, aportando este cactus el 7.8% de la energía total, 20.6% de proteína, 50% de fósforo y 100% del calcio recomendada.

En Brasil, han citado que el 60% de la energía requerida puede ser suplida por consumo de *Opuntia*, combinado con *mamona* (*Melicoccus bijugatus* Jacq.) adicionado con sorgo, para la raza Indo-Brasil, tendiendo producción de 0.75 a 1.3 Kg. de carne por animal diario.

Felker, (1999), de la Universidad Nacional de Santiago del Estero en Argentina, realizó un estudio sobre la utilización de *Opuntia* como forraje en Estados Unidos de Norteamérica, reportando su mayor actividad en la guerra civil en 1850 en Texas, especialmente en épocas de seca e invierno. Siendo utilizado en combinación con otros granos y soportes proteínicos para todo tipo de ganado excepto el equino. Indicando que la calidad nutricional que aporta *Opuntia*, depende de la estación del año y de la fertilidad del suelo, reportando como valores nutricionales típicos masa de 85-90%; proteína cruda del 5-12%; fósforo, 0.08-0.18%; calcio, 4.2%; potasio, 2.3%; magnesio, 1.4%; calorías, 2.6 Mcal/kg; carotenos 29 µg/100 g; y ácido ascórbico 13 mg/100 g. Los valores de digestibilidad *in vitro* fueron de 72% de proteína, 62% masa seca, 43% para fibra cruda y 67% para masa orgánica. Citando entre otras a *O. polyacantha* Haw., y *O. cochellinifera*. (L.) Mill.

Los últimos trabajos par el incremento de proteína en el nopal han sido por manejo genético, así como con la inoculación de las raíces del cactus con bacterias fijadoras de

nitrógeno como *Azospirillum*, misma que también inhibe el daño necrótico causado por las bacterias *Xanthomonas* y *Erwinia*.

Guevara y Estévez, (2003), realizaron un trabajo sobre las experiencias y perspectivas de la producción de *Opuntia* para alimento y forraje en Argentina, citando el crecimiento de las poblaciones de cactus de 90 ha en 1993, a 840 en 1997, en las provincias de Tucumán (39%), Catamarca (22%), Santiago del Estero (14%), La Rioja (12%) y Salta (10%) siendo una actividad agrícola complementaria, siendo las más estudiadas *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia inermis* DC., *Opuntia ellisiana* Griffiths, *Opuntia* spp., *O. robusta*, en su distribución, soporte de temperaturas, suelo y humedad entre otros. Reportan a las especies *O. spinulifera* Salm-Dyck y *O. robusta* como las de mayor tolerancia al frío y como buenas forrajeras.

Bravo, (1991), en su compendio sobre cactáceas dedica un capítulo sobre los usos de los cactus el cual anexo ya que es en su época un excelente estudio realizado por el Biólogo Ignacio Piña Luján, donde anexan fotografías, información sobre los usos y costumbres de esta interesante familia de plantas.

Además de los anteriores, el empleo de cactáceas como plantas de colección u ornamentales es quizá el más demandado a nivel internacional, por su rareza y belleza y sobre todo por su lento crecimiento y hermosa floración.

El campismo es también un aprovechamiento del paisajismo donde se desarrollen estas especies, no obstante es importante conocer las experiencias de algunas áreas, que citan a la recreación como amenaza para la conservación de la biodiversidad, ya que un mayor número de visitantes sin control ocasionan impactos negativos en la naturaleza como son: erosión y compactación de los suelos por la apertura de múltiples caminos, veredas y sitios de acampar; alteración del comportamiento de la fauna silvestre por ruido excesivo, contaminación y asecho; perturbación de la flora silvestre por extracción y pisoteo excesivo; así como contaminación del agua y el suelo por disposición inadecuada de desechos sólidos y humanos (Drumm, 2003).

Martorell, (2005), en las zonas áridas destaca el lento, aunque quizá irreversible deterioro ambiental, causado por el disturbio antropogénico es crónico. Ya que en dichas zonas se encuentran varias plantas suculentas consideradas como amenazadas o en peligro, por lo que es indispensable, comprender su dinámica poblacional, Al estudiar la demografía de cinco especies amenazadas, *Mammillaria dixanthocentron* Backeb., *Mammillaria hernandezii* Glass & R.A.Foster, *Mammillaria zephyranthoides* Scheidw., en Otto & A.Dietr. (Cactaceae), *Echeverría longissima* Walth. y *Echeverría setosa* Rose & Purpus (Crassulaceae) en sitios cercados o expuestos. En general, se encontró que la exposición al reduce las tasas de crecimiento poblacional Una constante en todas las especies es que el impacto negativo de los años secos se incrementa cuando el daño antropológico es mayor.

Para el caso de uso de las especies en áreas Naturales Protegidas, podemos observar el caso de la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), ubicada dentro del Desierto Chihuahuense, la promoción y el uso recreativo de la misma se ha desarrollado sin planeación y manejo desde 1970 (Kaus, 1993). Además no existe evidencia de beneficio significativo para la economía y sociedad local por la realización de la recreación en la reserva. Los impactos sobre los recursos naturales han sido graves y existen áreas donde por la fragilidad de los ecosistemas, posiblemente nunca recuperarán su funcionalidad ecológica. Por tanto (García *et al.*, 2006) evaluaron impactos biofísicos en cinco sitios mayormente utilizados por visitantes en los últimos 30 años, comparándolos contra cinco sitios de referencia que no son utilizados con propósitos recreativos. La recreación se ha identificado como una amenaza para la conservación de la biodiversidad, ya que un mayor número de visitantes sin control ocasionan impactos negativos en la naturaleza como son: erosión y compactación de los suelos por la apertura de múltiples caminos, veredas y sitios de acampar; alteración del comportamiento de la fauna silvestre por ruido excesivo, contaminación y asecho; perturbación de la flora silvestre por extracción y pisoteo excesivo; así como contaminación del agua y el suelo por disposición inadecuada de desechos sólidos y humanos (Drumm, 2003).

La valoración de la recreación y sus impactos cada vez adquiere mayor relevancia para los manejadores de recursos naturales y muy especialmente para los manejadores de las áreas naturales protegidas, debido a que conociendo los impactos ambientales y socioeconómicos es posible establecer límites permisibles de uso sin que los ecosistemas y la cultura local sean impactados significativamente (Leung y Farrell, 2002).

Matías y Jiménez, (2006), estudiaron la dinámica poblacional y biología reproductiva de *Turbinicarpus horripilus* (Lem.) Vác. Jhon & Riha, un cacto microendémico de la Reserva de la Biósfera de Metztitlán, Hidalgo, México, determinando que *T. horripilus* fue la cactácea más abundante en este sitio. Su densidad es de 0.71 individuos/m². Presenta distribución espacial agregada (varianza/media), y los individuos de menor tamaño se encuentran asociados a otros vegetales, este cactus requiere de polinización cruzada y los principales visitantes florales son insectos (*Hymenoptera*). Presentan altas tasas de germinación en el laboratorio, no obstante no encontraron plántulas en campo. Por tanto indican la urgencia de protección de su ambiente, a fin de garantizar la persistencia de sus poblaciones silvestres.

6.10. Medición de la Diversidad

La diversidad de cactáceas tiene distintas facetas, por lo que se debe considerar: **a)** El nivel de la biodiversidad que se quiere analizar: dentro de comunidades (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta), o para un conjunto de comunidades (diversidad gamma).Y **b)** El grupo biológico con que se esté trabajando, la disponibilidad de datos y los trabajos previos con el mismo grupo. La diversidad alfa define el aspecto biológico: El número de especies (riqueza), o la estructura de la comunidad (dominancia, equidad, o riqueza y equidad en conjunto). Si el propósito es comparar números de especies, la riqueza específica (S) es la mejor expresión y la más sencilla, aunque dependa del tamaño de la muestra, (Moreno, 2001).

En cuanto a la diversidad con base en la abundancia proporcional de las especies, el índice de Simpson es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas

especies en la comunidad y su inverso representa por lo tanto la equidad (Magurran, 1988).

Los estudios sobre medición de biodiversidad se basan en la búsqueda de parámetros para caracterizarla, como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma son de gran utilidad para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998). La **diversidad alfa** es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la **diversidad beta** es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la **diversidad gamma** es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

Sobre todo en el contexto actual, ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, un listado de especies para una región dada no es suficiente. Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local, (Moreno, 2001).

Diversidad Alfa

La gran mayoría de los métodos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica). Y 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada

especie (abundancia relativa de los individuos su biomasa, cobertura, productividad, etc.), (Moreno, 2001).

La Riqueza específica, es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

El Índice de diversidad de Margalef, Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k \cdot N$ donde k es constante (Magurran, 1988). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S-1$, en lugar de S , da $DMg = 0$ cuando hay una sola especie.

Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad.

Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad, el **Índice de Shannon-Wiener**, Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988).

Margalef (1957), indica que la estimación de la diversidad nos proporciona información para el entendimiento del dinamismo de las comunidades vegetales al dar una imagen de su estructura, y permite determinar indirectamente el funcionamiento y grado de eficiencia de las comunidades vegetales, tomándose como punto de partida cierta regularidad en la distribución de los individuos en especies. El Índice de diversidad de Margalef, transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos. $DMg = 0$ cuando hay una sola especie.

Por su parte el análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si recordamos que el objetivo de medir la diversidad biológica, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o *monitorear* el efecto de las perturbaciones en el ambiente. Así también el medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988).

Diversidad Beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales y pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.).

Índices de Similitud/Disimilitud

Expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras. Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se puede calcular fácilmente la disimilitud (d) entre las muestras: $d=1-s$ (Magurran, 1988).

160695

Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Baev y Penev, 1995).

Índices con datos cualitativos: Coeficiente de similitud de Jaccard: El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

Coeficiente de similitud de Sørensen-Dice: Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios, (Magurran, 1988).

Índices con datos cuantitativos: Coeficiente de similitud de Sørensen E Índice de Morisita Este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, y tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995).

Diversidad Gamma

Whittaker (1972) define la diversidad gamma como la riqueza en especies de un grupo de hábitats (un paisaje, un área geográfica, una isla) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta).

Montaña y Ezcurra (1991), encuentran una mayor eficiencia de los análisis de componentes principales basados en datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) cuando se hacen muestreos en ambientes con alta heterogeneidad (diversidad beta), mientras que los datos cuantitativos son mejor aprovechados en situaciones con heterogeneidad baja.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. Descripción de Áreas de Estudio

7.1.1 “Sierra Corral de los Bandidos”

El ANP “Sierra Corral de los Bandidos” se encuentra dentro del Municipio de García, N.L. entre las coordenadas 25° 40' 58" y 25° 39' 10" de Latitud Norte y entre los 100° 46' 10" y 100° 43' 10" de Longitud Oeste. Se divide en dos zonas: a) De amortiguamiento y b) Núcleo. La primera de ellas es el área de recuperación (Figura 3), presenta clima seco (BWhx') con lluvia escasa todo el año, su suelo es de tipo litosol, con temperatura media de 18 a 20 °C y precipitación anual de 300 a 400 mm. La segunda zona (área de uso restringido), (Figura 3) presenta clima muy seco (BSOhx') con lluvia escasa todo el año, el suelo es de tipo regosol, temperaturas de 20 a 22 °C y precipitación anual de 200 a 300 mm. (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

La “Sierra Corral de los Bandidos”, no contiene poblaciones dentro, no obstante, está circundada casi en su totalidad por comunidades de máximo 392 habitantes que se encuentran al pie de esta sierra, como Rinconada, Bella Vista, La Candelaria, La Gloria y San Isidro. Hacia el norte y poniente, y al margen de la vía de ferrocarril y del lecho del Río Pesquería, se encuentran las comunidades Mariposas, El Abrevadero, Las Cruces, La Presa, La Mesa y Los Tanques. El ferrocarril vía a Torreón, circunda a esta sierra por sus lados norte y oeste, a varios metros del límite del área hacia el este, existe la estación Rinconada, y está cercana a la Autopista Monterrey-Salttillo. Existen líneas de conducción de electricidad, ductos para la distribución de derivados del petróleo. Sobre la cima de esta sierra se ubica la Estación de Microondas Mariposas la cual cuenta con tres antenas retransmisoras de comunicación. A 20 Km. al suroeste de esta área natural, se encuentra la ciudad de Ramos Arizpe (Figura 2).

7.1.1.1. Geología, Edafología e Hidrología

Se encuentra en la flexión de la Sierra Madre Oriental conocida como Anticlinorio de Arteaga, al este de Saltillo y sur de Monterrey dentro de la subprovincia llamada pliegues de Saltillo–Parras, bajo el contexto de toposformas según su clase-asociación-tipo se extiende en una "Sierra plegada con lomeríos".

Se compone principalmente de rocas carbonatadas y terrígenas de entre 195 y 65 millones de años, con estructuras tectónicas de anticlinales y sinclinales afectadas por fallas y cabalgaduras que descansan sobre un basamento paleozoico y precámbrico con una dirección nor-noreste se observan afloramientos sedimentarios de diferentes tipos de rocas. Litológicamente corresponden a la Formación Méndez. Los depósitos más recientes corresponden al Cuaternario y está constituido por aluvión y coluvión que se localizan en las partes bajas. Se reportan suelos de tipo Litosol y Regosol (INEGI, 1986; Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002), (Figura 2 y 9), (Apéndice J).

Litosol. Son suelos someros con espesor menor de 10 cm, su modo de formación es *in situ*, se caracterizan como suelos residuales de color semejante a la roca existente en el área, dominan en las partes altas y están limitados por la roca madre o por algún horizonte cementante por carbonato de calcio (caliche).

Regosol. Son suelos de color pardo amarillento, de textura gruesa, con gran cantidad de gravas angulares y subangulares, con poca materia orgánica, se encuentra asociado con el litosol, su espesor va de 40 a 100 cm., los más someros están limitados por la roca y los más profundos por aluvión y coluvión no consolidados, presenta horizontes.

Xerosol. Predomina en las partes bajas, planicies onduladas o pendientes leves de 0 a 8 %, presenta color pardo a pardo oscuro, de textura media, con escasas gravas y rico en nutrientes o bases (Ca, Mg, K, Na). Se encuentran asociados a litosoles y regosoles. (INEGI, 1986).

“Corral de los Bandidos” se localiza dentro de la región hidrológica RH24 “Río Bravo-Sosa” y en la cuenca Río Bravo-San Juan, subcuenca Río Pesquería que bordea la parte norte y oeste cercana al área natural. Fuera de los límites, por el lado este, se encuentran los arroyos 'San Juan' y 'Cortinas' cuyos escurrimientos desembocan en el Río Pesquería (INEGI, 1986).

7.1.1.2. Clima

Abarca 1,175.01 ha, con altitudes de los 1000 a los 1,640 msnm, los tipos de climas que se presentan en la exposición sur, que cubre el 75% del área es Seco BS₀ de subtipo semicálido, caracterizado por lluvias escasas todo el año y precipitación invernal mayor a 18%, e invierno fresco, y en la porción norte, muy secos (BW) de subtipo semicálido con lluvias en verano, lluvia invernal entre 5 y 10.2 % en invierno fresco. El rango de precipitación total anual oscila entre 200 y 400 mm y el de temperatura media entre 18 y 20 °C. Agosto y septiembre son los meses con mayor incidencia de lluvia, su índice de precipitación es de 80 a 90 mm; en tanto que los meses de enero, febrero, marzo y noviembre registran la mínima incidencia, con un valor entre 10 y 15 mm. Los meses con temperatura media más alta son junio y julio, ambos con promedio de 24.9 °C y el mes que registra el promedio de temperatura más bajo es enero con un valor de 14.8 °C. Las heladas en estos tipos de climas de la Sierra Madre Oriental tienen un rango de 0 a 20 días al año, debido a que las condiciones térmicas que se presentan en esta zona están regidas por un gradiente altitudinal de 0.52 °C por cada 100 metros de altitud. La inexistencia de estaciones climatológicas dentro del área de protección, reduce las posibilidades de obtener información más detallada. (INEGI, 1986).

7.1.1.3. Vegetación

Los tipos de vegetación corresponden a matorral desértico rosetófilo con fisonomía de crasi-rosulifolio espinoso y de nopalera. Caracterizándose por presentar especies carnosas en forma de rosetas como lechuguilla (*A. lechuguilla*), guapilla (*Agave striata* Zucc.), sotol, (*Dasyilirion texanum* Scheele), con cactáceas globulares y de raqueta,

además de plantas espinosas o pequeños arbustos, tales como, guajillo (*Acacia berlandieri* Benth.), mezquite (*Prosopis glandulosa*), chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.), gobernadora (*Larrea tridentata*), además de gramíneas, como la navajita (*Bouteloua trifida* Thurb. ex S.Wats), falso borreguero (*Erioneuron pulchellum* H.B&K.); zacate de tres barbas ó garañona (*Aristida sp.*) y zacate pelusa (*Tridens sp.*), entre otras (Sauceda, 1985; Elizondo, 1979; Alanis y Rovalo, 1996; Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002; Hernandez *et al.*, 2004), (Figura 8), (Apéndice I).

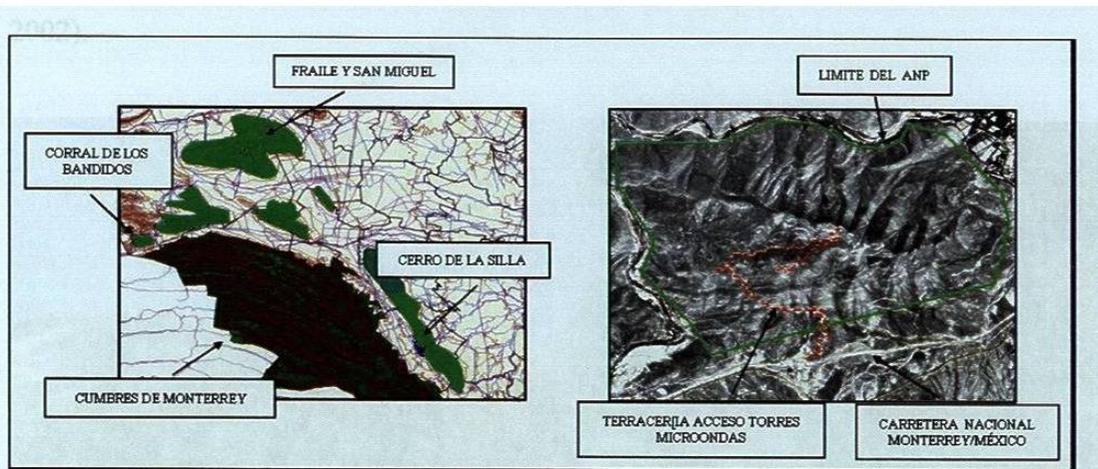


Figura 2. Mapa de ubicación de la Sierra Corral de los Bandidos en relación con algunas áreas naturales protegidas de la zona urbana y fotografía satelital de las elevaciones topográficas y de los caminos de la Sierra Corral de los Bandidos. Tomados del programa de manejo del ANP (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).



Figura 3. Fotografías sobre el paisaje de la Sierra Corral de los Bandidos, y Mapa de su Zonificación, Mapa tomado del programa de manejo (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

7.1.2. “Sierra el Fraile y San Miguel”

Se encuentra en la Sierra Madre Oriental, localizada entre los 25°48'52" y 25°58'03" de Latitud Norte y los 100°39'42" y 100°23'54" de longitud Oeste (Fig. 2, 3 y 4). Limita al norte con los municipios de Mina e Hidalgo, al sur y al oeste con el municipio de Villa de García y al este con los municipios de General Escobedo, El Carmen y Abasolo, presenta una superficie de 23,506.36 hectáreas (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

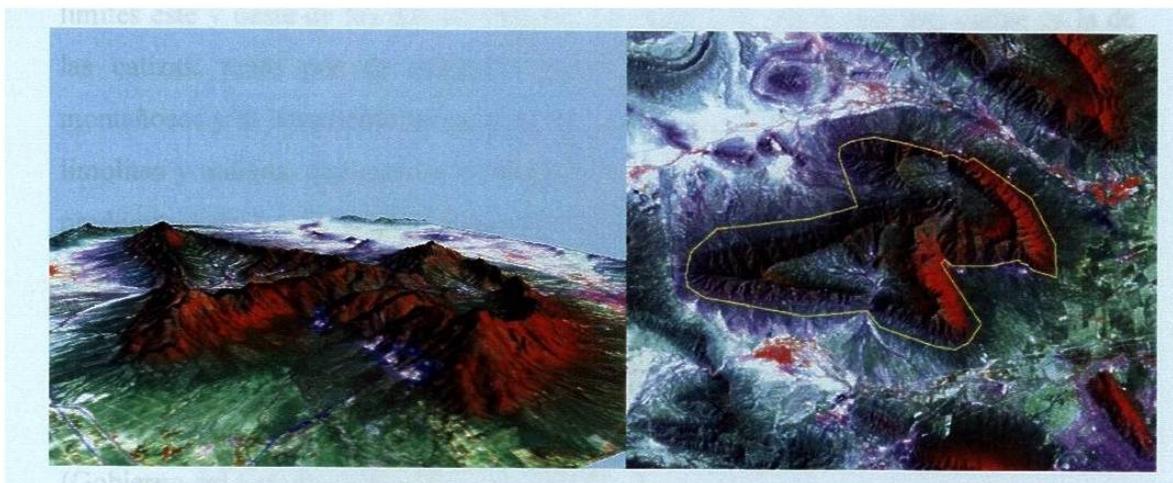


Figura 4. Imagen de satélite Landsat-TM y límite del Área Natural Protegida Sierra “El Fraile y San Miguel” (Gobierno del Estado, 2002).

En el ANP “Sierra el Fraile y San Miguel” viven dos familias y algunos pastores de ganado caprino en la zona de Potrero. Esta rodeada por los centros poblacionales de Escobedo, García e Hidalgo, este último colinda con la entrada al Potrero Chico. Los seis municipios, suman una población total de 227, 298 habitantes, de los cuales 78% se encuentran en Gral. Escobedo, 10.5% en García, 6% en Hidalgo, 2.5% en El Carmen, 2% en Mina y 1% en Abasolo.

Las principales actividades económicas en su zona de influencia, son la industria, la ganadería, la agricultura y el turismo (Apéndice L), (Fig 12) Además de importante actividad minera, produciendo un impacto hacia dentro del ANP, especialmente por la actividad turística, minera y ganadera (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

7.1.2.1. Geología, Edafología e Hidrología

Se ubica fisiográficamente en la provincia de la Sierra Madre Oriental, subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, con topofomas de Sierras y Valles. Está constituida por sierras de caliza plegadas, encontrándose también lutitas y yeso (Figura 4).

Los rangos de elevación van desde los 800 a los 2,360 m.s.n.m. Las mayores elevaciones (Pico del fraile, Oriente, oriente Chico e Hidalgo) se encuentran en los límites este y oeste de los dos anticlinales. La unidad de suelo más importante es la de las calizas, tanto por su extensión como por su potencial, todos los elementos montañosos y el basamento se encuentran formados por rocas calizas cretácicas, lutitas, limolitas y margas, que junto con las calizas y calizas arenosas afloran en el valle, hay predominio de los litosoles y xerosoles háplicos, lúvicos y calcáricos (Apéndice M), (Figura 13).

Se encuentra situada en la región hidrológica “Río Bravo” (24) dentro de la cuenca “Río Bravo-San Juan” (24B), subcuencas Río Pesquería (24BC) y Río Salinas (24BD). (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

7.1.2.2. Clima

El clima que se presenta en el área de estudio es semicálido-subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (ACW_1), de 400 a 600 mm de precipitación promedio anual. Las temperaturas son relativamente altas sin embargo la temperatura media anual en la cima de las montañas pudiera fluctuar entre 9.5 y 13 °C. (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

7.1.2.3. Vegetación

Cuenta con los siguientes tipos de vegetación: Matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, bosques de encino, de pino, de encino-pino y de pino-encino, (Apéndice M) Los estudios botánicos realizados por el ITESM y la UANL para la elaboración del programa de manejo del ANP indican presencia de tres tipos de Matorral Desértico:

a) Matorral desértico rosetófilo. Presenta estrato superior de 1.50 m, medio de 0.50 m e inferior de menos de 0.30 m. Los elementos más característicos son especies de *Agave*, *Hechtia* y *Dasyilirion* que forman un estrato subarborescente espinoso y perennifolio a menudo bastante denso, esta dominado por especies con hojas de roseta, este tipo de vegetación se encuentra en parte de los municipios de Mina y García (Alanís y Rovalo, 1996); (Apéndice N. Figura 14).

b) Matorral desértico micrófilo. Se caracteriza por elementos arbustivos de hojas pequeñas, en terrenos aluviales en zonas áridas y semiáridas Existen pequeños manchones de este matorral, dentro del área natural, (Figura 11), (Apéndice K).

c) Matorral submontano. Presenta una mayor diversidad que los otros tipos de vegetación, con estrato superior de 2.00 m, medio de 1.00 m e inferior de menos de 0.40 m. Se localiza en la ladera oriental de la Sierra Madre se encuentra entre los límites de matorrales áridos, bosques de encino y selva baja caducifolia. Entre los principales especies dominantes se encuentran en García e Hidalgo: *Helietta parvifolia* (A.Gray ex Hemsl.) Benth., *Fraxinus greggii* A.Gray, *Pithecellobium pallens* Standl., *Acacia amentacea* DC., *Neopringlea integrifolia* S. Watson y *Casimiroa pringlei* Engl. in Engl. & Prantl, (Figura 10), (Apéndice K).

También existe vegetación halófila y pastizales en aquellas áreas cuya vegetación fisonómicamente dominante es la graminoide, pudiendo encontrarse asociada con otros tipos de vegetación, sobre suelos que contienen gran cantidad de sales, conocidos estos como salinos-sódicos (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2002).

De acuerdo al programa de manejo del área natural protegida realizado por el ITESM y la UANL en el año 2002, y donde se tomó como referencia, los listados botánicos de las zonas cercanas o estudios de tesis realizados en el Municipio de Santiago, García, Mina, e Hidalgo, se reportan un total de 126 especies de plantas vasculares dentro de 43 familias para los seis tipos de vegetación de esta ANP. Se cita a *Brahea berlandieri* Bartlett dentro de categoría de especie distribución rara según la NOM-059-ECOL-1994.

7.2. Selección de Zonas

Utilizando sistemas de información geográfica (imágenes de satélite, transformadas en modelos digitales cartográficos, mapas del INEGI escala 1:50,000 y fotografías aéreas), se ubicaron y marcaron sitios de colecta, tomando como base la información existente en los programas de manejo del área natural protegida, proporcionada por la autoridad administrativa de la misma. Para la selección de estos sitios, se consideraron los diferentes tipos de suelo, exposición, clima, topografía, vegetación y la zonificación decretada por el Gobierno Estatal para el ANP (Figura 3).

7.3. Diseño de muestreo y registro de información

El trabajo en campo se desarrolló de noviembre del 2003, a junio del 2006. La elección de los sitios de muestreo fue preferencial (Matteucci y Colma, 1992), de acuerdo al reconocimiento en campo de las zonas, para observar las diferentes variantes fisonómicas de la vegetación. El número de unidades de muestreo (cuadrantes) se determinó por las observaciones *in situ* durante el trabajo de campo, de acuerdo al criterio de estabilización al no encontrar especies nuevas en estos, o bien por la variante topográfica de llegar al pico de la loma. Se realizaron dos muestreos: el primero para el análisis cuantitativo de la estructura de las comunidades vegetales, para el cual se utilizaron transectos lineales de 130 a 150 m de longitud ubicados en forma paralela al gradiente altitudinal, dos para cada zona en “Sierra Corral de los Bandidos” y tres para “Sierra el Fraile y San Miguel”. A lo largo de estos, se colocaron cuadrantes de un m² (Braun, 1945) cada 10 m, el lado de colocación del cuadrante fue determinado en forma

aleatoria. En estos cuadrantes se registraron las especies vegetales presentes y para cada una de ellas se determinó: número de individuos, altura y cobertura. Además se registró el porcentaje de humedad y temperatura, así como, el lado de exposición al sol, la altitud y latitud. Para los sitios con presencia de matorral desértico rosetófilo se emplearon cuadrantes de 1m², mientras que para los de matorral submontano los cuadrantes fueron de 4m² (Muller Dombois y Ellenberg, 1974).

En cada cuadrante se colectó suelo a una profundidad de 30 cm., misma que coincide con la profundidad promedio de las raíces de las cactáceas que se presentan en la zona (Bravo, 1978; Dubrovsky y Gurevitch 2002), después se mezclaron estas porciones de suelo, obteniendo para cada transectos dos muestras totales, divididas por gradiente de altura en zona alta y zona baja. De acuerdo a esto, se registraron las especies e individuos de cactáceas presentes, para su posterior análisis y correlación con las variables edáficas y de altitud.

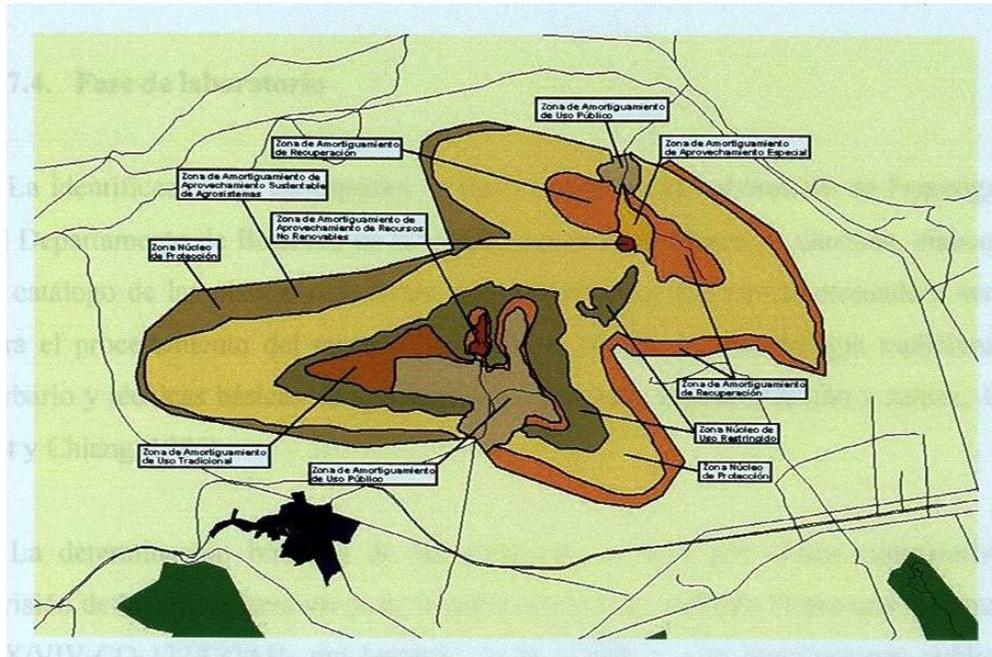


Figura 5. Mapa de la zonificación establecida en el Programa de manejo de “Sierra El Fraile y San Miguel” (Gobierno del Estado, 2000).

Adicionalmente, para los cálculos de índice de similitud, diversidad y riqueza de cactáceas y plantas asociadas en las zonas del ANP, se realizó el segundo muestreo, donde se colocaron cuatro parcelas rectangulares de 20 m de ancho, cuyo centro era atravesado por los transectos lineares (20 m), siendo para “Sierra Corral de los Bandidos”: El primero de 20 x 130 m, segundo de 20 x 140 m y dos de 20 x 150 m, con un total de 1,140 m². Para “Sierra el Fraile y San Miguel”: se colocaron dos transectos de 20 x 120 m, (con cuadrantes de 2 x 2m); el tercer transecto de 20 x 90 m, con cuadrantes de 2 x 2m; el cuarto transecto de 20 x 40 (con cuadrantes de 2 x 2m); el quinto de 20 x 110m con cuadrantes de 2 x 2m y el sexto de 20 x 110m con cuadrantes de 1x1m. En cada parcela, se registró el número de individuos de las especies de cactáceas y de las plantas asociadas a estas en un área de entre uno y dos metros cuadrados dependiendo de la dimensión de las cactáceas, respectivamente para aquellas de un diámetro de entre 1 y 6 cm., y para las mayores de 10 cm. aproximadamente. Se trabajó en las zonas Núcleo y de amortiguamiento del ANP (Figura 5).

7.4. Fase de laboratorio

La identificación de las especies se llevó a cabo en el Laboratorio de Fanerógamas del Departamento de Botánica de la UANL, por el Biol. Marco A. Guzmán, elaborando un catálogo de las plantas colectadas con el tradicional método de prensado y secado. Para el procesamiento del material botánico se empleó la metodología tradicional de herbario y técnicas básicas de sistemática y taxonomía vegetal (Gaviño y Juárez, 1984; Lot y Chiang, 1986).

La determinación botánica de las cactáceas, se hizo por claves comparativas y revisión de los ejemplares vivos de la colección del Dr. Alfredo Flores con registro No. MX/VIV-CO-132/COAH, del herbario de la UANL y con descripciones publicadas (Bravo y Sánchez, 1991) y empleando la clasificación y sinonimia sugerida por Guzmán *et al.* (2003).

También se cotejaron de acuerdo a las descripciones botánicas de la flora del estado de Nuevo León y Coahuila, además de verificar cada espécimen con las colecciones del Herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas de La UANL. Observando de manera adicional, referencias de descripciones en las bases de datos: Vascular Plant Image Library, The Digital Flora of Texas (www.csd.tamu.edu), The Royal Botanicals Garden Kew (www.rbk.kew.org), Comisión Nacional de Biodiversidad de México (conabiweb.conabio.gob.mx) y The International Plant Names Index (IPNI) (www.ipni.org/index.html).

La identificación de cactáceas se corroboró *in situ* dando seguimiento de la floración de las especies, cotejando los ejemplares con la colección del vivero registro No. MX/VIV-CO-132/COAH, que cuenta con aproximadamente 3,000 ejemplares de 600 especies del Desierto Chihuahuense y con algunos ejemplares rescatados bajo la autorización No. SGPA/DGVS 09327 de la SEMARNAT de Noviembre del 2004 a favor del Dr. Alfredo Flores, apoyándonos además de las especies colectadas para su rescate, de fotografías, para su registro en la zona, dando seguimiento de las especies

dentro de los cuadrantes, al mantener su señalización y observar su floración y fructificación, evitando la sobrecolecta de ejemplares de cactáceas, por tratarse de una ANP.

Para el análisis de suelos se realizó la mezcla de las muestras clasificándolas por gradientes altitudinales en muestras altas y bajas, de tal manera que se colocaron tres repeticiones por muestra excepto en el transecto cuatro de “Sierra el Fraile y San Miguel”, donde solo hubieron cinco cuadrantes.

Los suelos se analizaron en el laboratorio de suelos y materiales del CINVESTAV Unidad Ramos Arizpe Coahuila, mediante fluorescencia de Rayos X (FRX), que es una técnica espectroscópica que utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X generada al excitar una muestra con una fuente de radiación X. La radiación X incidente o primaria expulsa electrones de capas interiores del átomo. Los electrones de capas más externas ocupan los lugares vacantes, y el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones, radiación X fluorescente o secundaria, con una longitud de onda característica que depende del gradiente energético entre los orbitales electrónicos implicados, y una intensidad directamente relacionada con la concentración del elemento en la muestra.

La FRX tiene como finalidad principal el análisis químico elemental, tanto cualitativo como cuantitativo, de los elementos comprendidos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas (filtros, metales, rocas, muestras en polvo, tejidos, etc.) y líquidas porque permite hacerlos sin preparación de la muestra. El único requisito es que ésta tenga un tamaño inferior al porta-muestras. Detecta desde el sodio ($Z=11$) hasta el U ($Z=92$), en concentraciones cuyo orden magnitud puede variar desde las ppb (partes por billón o microgramos por kilo) hasta porcentajes. Esta técnica analítica se aplica a diferentes muestras sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas. En el análisis cuantitativo se dispone de un calibrado para muestras geológicas y similares, con patrones de referencia internacional. Los elementos mayoritarios que se determinan son:

Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , CaO , SiO_2 , TiO_2 , MnO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O y como elementos traza: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ba, Nb, Rb, Sr, Y, Zr, U, Th, Pb, S.

El equipo utilizado fue un Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X, Marca Bruker Modelo PIONEER S4 (Figura No. 6). Los compuestos determinados en las muestras de las ANPS fueron: Al_2O_3 = Óxido de Aluminio; CaO = Óxido de Calcio; CaCO_3 = Carbonato de Calcio; Fe_2O_3 = Trióxido de Hierro; K_2O = Dióxido de Potasio; M.O.= Materia Orgánica; MgO = Óxido de magnesio; MnO = Monóxido de Manganesio; Na_2O = Óxido de Sodio; P_2O_5 = Pentóxido de Fósforo; PxC= Pérdida por Combustión; SiO_2 = Óxido de Silicio; SO_3 = Trióxido de Azufre; SrO = Óxido de Estroncio; TiO_2 = Dióxido de Titanio; ZnO = Óxido de Zinc; ZrO_2 = Óxido de Estroncio. Midiendo los porcentajes presentes, para elaborar la pastilla o pellet que emplea el equipo para la lectura de los compuestos, las muestras de suelo fueron molidas de manera separada hasta que pasaran la malla No. -140 micras, de ellas, se tomaron 8.5 g y se agregaron 1.5 g de parafina pura, mezclándolos mecánicamente hasta obtener una pasta misma que se introduce en una prensa con forma de pastilla y se le aplica una presión de 11 toneladas. Para obtener una pastilla de 4 cm de diámetro y de ancho no menor a 3 mm (Figura No. 7).



Figura No. 6. Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X, Marca Bruker Modelo PIONEER S4 Empleado para el análisis de suelos.



Figura No. 7 Muestra de suelo en “pastilla” para su análisis con Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X.

7.5. Análisis de la Información

Una vez finalizada la toma de datos en campo y la colecta en los cuadrantes de los transectos y las parcelas, se procedió a la captura y organización de ellos en gabinete para lo cual se empleó el software Excel del paquete computacional Office 2003. Separando la información, por Cerro-Zona-Transecto-Cuadrante, considerando los taxa, número de individuos, y sus dimensiones. También se empleó el software estadístico SPSS for Windows version 12.0. (Camacho, 2005).

Posterior a la captura de datos y tomando como referencia para la nomenclatura de cactáceas la clasificación de Guzmán (2003), y The International Plant Names Index (IPNI), para la referencia de las demás plantas, se elaboraron los listados florísticos y cactológicos, considerando para ello los reportes de las especies colectadas por ambos métodos de muestreo (Cuadrantes por transecto y Parcelas ó Transectos adicionales).

7.6 Diversidad Alfa: Riqueza y Estructura (Densidad, Dominancia, Equitatividad y Valor de Importancia)

Para realizar el análisis botánico de las ANP'S se emplearon los datos obtenidos por el método de muestreo por cuadrantes, desarrollando el listado florístico global y por zonas, determinando por familias, el número de especies presentes, su densidad (riqueza), distribución, frecuencia y dominancia, para el cálculo del valor de importancia de cada una de las especies vegetales, especialmente para las cactáceas, de acuerdo a los métodos propuestos por Matteucci y Colma (1982) y Mueller Dombois y Ellenberg (1974).

La estructura de la vegetación, a lo largo del gradiente altitudinal se analizó por especie en cada transecto en base a los valores de frecuencia de aparición en los cuadrantes, densidad (número de individuos por especie) y dimensiones de diámetros y alturas, para el cálculo posterior de la cobertura basal.

Para la cobertura basal se consideró para Poaceae y cactáceas la fórmula del área de una circunferencia = $3.1416 (\text{radio}^2)$, mientras que para las demás la fórmula del área de la elipse que es = $3.1416 * (\text{diámetro menor}) * (\text{diámetro mayor}) / 4$.

El cálculo de la frecuencia, densidad y dominancia (cobertura) relativas se obtuvieron mediante la división del valor por especie, entre, la sumatoria de los valores de todas las especies en la zona y se multiplicó por 100, como se muestra a continuación:

Densidad Relativa (**DR**)= Superficie de copa de individuos de una especie / Sumatoria de las superficies de copa de todas las especies X 100

Abundancia relativa (**AR**)= Número de individuos de una especie / Total de individuos de todas las especies X 100

Frecuencia Relativa (**FR**)= # de cuadrantes en las que aparece la especie / total de cuadrantes X 100

Para determinar el Valor de Importancia por especie se empleó la fórmula:

$$VI = (\text{Frecuencia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Cobertura relativa}) / 3$$

En cada unidad de muestreo (cuadrante) se registraron la altitud, latitud, temperatura del suelo, además del número de individuos por especie y sus dimensiones.

Para determinar las poblaciones de cactáceas y plantas asociadas presentes, se realizó un muestreo mediante parcelas cuyo centro era atravesado por la línea de transecto donde se colocaron los cuadrantes arriba descritos. Por lo que se contaron con igual número de parcelas que de transectos para cada ANP. En este muestreo se contabilizaron a las cactáceas y sus plantas asociadas y se calcularon medidas de diversidad de las comunidades estudiadas, tales como: Riqueza mediante el índice de Margalef, diversidad a través del índice de Shannon-Weiner y equitatividad, utilizando el índice de Shannon, así como también, se determinó la similitud entre comunidades mediante los índices de Jaccard, Sørensen y Morisita (Gurevitch *et al.*, 2002). Lo anterior con el fin

de observar la diferencia entre las comunidades en base a la zonificación en estudio de las ANP'S.

Índice de **Diversidad** de Shannon-Weinner (H')

$$H = -\sum [p_i \ln(p_i)],$$

$$\text{Donde } p_i = n_i/N$$

Siendo p_i El porcentaje de individuos por especie.

N= Todos los individuos de todas las especies muestreadas en una zona,

n_i = Número de individuos muestreados en una zona, de una misma especie.

Índice de **Riqueza** de Margalef (Dmg)

$$Dmg = S - 1/\ln N$$

Donde S= Número total de especies presentes en una zona,

N= Número total de individuos de todas la especies.

Índice de **Equitatividad** (E) de Shannon

$$\text{Donde } E = H' / \ln S$$

Índice de **Dominancia** de Simpson (L)

$$L = \sum p_i^2$$

7.7. Diversidad Beta: Similitud y Disimilitud Entre Poblaciones de Cactáceas y Especies Asociadas en las Zonas de las ANP'S.

Con el objeto de reconocer las similitudes y diferencias de especies de cactáceas y comunidades vegetales entre las zonas núcleo y de amortiguamiento, con matorral desértico presente, para cada área natural protegida (ANP), y entre cada una de estas. Se determinaron índices cualitativos y cuantitativos de similitud vegetal, tales como:

Índice Similitud cualitativo de Jaccard (Sj)

$$S_j = [a / a + b + c] * 100$$

Donde: a= especies compartidas entre las zonas; b= especies presentes en el segundo sitio y c= especies presentes en el primer sitio.

Índice de Similitud cualitativo de Sorensen-Dice (SD)

$$SD = 2a / 2a + b + c$$

Índice de Similitud Cuantitativo Morisita (S_M)

$$S_M = 2 \text{ SUM}(n_1 * n_2) / (\&_1 + \&_2) N_1 N_2$$

$$\text{Donde } \&_1 = \text{SUM}[n_1 (n_1 - 1)] / N_1 (N_1 - 1) \text{ Y } \&_2 = \text{SUM}[n_2 (n_2 - 1)] / N_2 (N_2 - 1)$$

Índice de Similitud Cuantitativo de Bray Curtis (S_{B-C})

$$S_{B-C} = \text{SUM}(\text{Min } n_1, n_2) / \text{SUM } n_1 + \text{SUM } n_2$$

En ambas áreas naturales se midió la riqueza de las poblaciones Vegetales y de cactáceas (Listado florístico y cactológico). Así como, para calcular la similitud entre poblaciones de cactáceas, para las diferentes zonas, por el empleo de los resultados de unir los registros de las cactáceas y plantas muestreadas por ambos métodos (parcelas y cuadrantes).