



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

ANÁLISIS DEL DETERIORO ECOLÓGICO DEL MATORRAL CRASICAULE EN EL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ (MÉXICO)

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA

I.A CINTHYA SARAHÍ BALLEZA GALLARDO

COMITÉ TUTELAR

DIRECTOR: Dr. Juan Antonio Reyes Agüero

ASESOR: Dr. José Luis Flores Flores

ASESOR: Dr. Humberto Reyes Hernández

SINODALES

PRESIDENTE: Dr. Juan Antonio Reyes Agüero

SECRETARIO: Dr. José Luis Flores Flores

VOCAL: Guillermo Espinosa Reyes

1 de mayo de 2017

PROYECTO REALIZADO EN:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
DE ZONAS DESERTICAS

AGRADEZCO AL CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACyT) POR EL
OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS 553428

LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS DEL
PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y a PMPCA por su enorme apoyo para la realización de este trabajo.

Al Dr. José de Jesús Balleza por nunca dejar de confiar en mí, apoyarme, asesorarme y poner su tiempo y conocimiento en cada uno de los momentos de la realización de este trabajo

A los doctores Juan Antonio Reyes Agüero. José Luis Flores Flores y Guillermo Espinosa Reyes por todo el conocimiento y tiempo dedicados a la realización de esta investigación.

Al Dr. Fedrico de la Colina, por su gran disposición y apoyo.

A Bernardino Torres Martínez y a Juan Ramírez Prieto M.C, por apoyarnos con las salidas de campo y la elaboración de los mapas.

A SAGARPA-COFRUPO, proyecto FRU-NOP-13-2 por apoyarnos con el sueldo de Bernardino como ayudante.

A mi Mama por todo su amor, confianza y apoyo.

Mi hermano Pavel Ernesto Balleza Gallardo por ser mi compañero en esta vida.

A mis hijos Fernanda y Emiliano por que por ellos vale la pena intentar hacer un mundo mejor.

A mi esposo Julio por impulsarme siempre a ir más allá.

INDICE

II. OBJETIVOS	12
III. ANTECEDENTES	12
3.1. Nopalera como tipo de vegetación	12
3.2 Estructura y composición florística y de las nopaleras	14
3.3 Estudios florísticos.....	17
3.4 Las diferencias ecológicas en las laderas por su exposición cardinal	17
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1 Área de estudio	19
4.1.1. Ubicación geográfica	20
4.1.2. Relieve	21
4.1.3. Hidrología	21
4.1.4. Geología	21
4.1.5. Suelos	22
4.1.6. Clima.....	23
4.1.7. Vegetación.....	25
4.2 Trabajo de campo.....	26
4.3 Análisis de información	29
V. RESULTADOS	34
5.1. Estructura	34
5.1.1. Inventarios estructurales cuantitativos.....	34
5.1.1.1. Nopaleras de exposición cenital.....	34
5.1.1.2. Nopaleras de exposición sur	43
5.1.1.3. Nopaleras de exposición norte	57
5.1.3. Estructura vertical	70
5.2. Composición florística	79
5.3 Análisis de la riqueza florística	82
5.4. Ordenación de los sitios de muestreo.....	85
5.5. Análisis de agrupamiento.....	92
VI. DISCUSIÓN	97
VII. CONCLUSIONES	114
VII. LITERATURA CITADA	118

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables climáticas registradas en las estaciones meteorológicas, ubicadas en el valle de San Luis Potosí.....	24
Cuadro 2. Ubicación política y geográfica de los sitios muestreados para obtener la estructura de las nopaleras del Valle de San Luis Potosí	27
Cuadro 3. Atributos estructurales en nopaleras con exposición cenital, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: Techa y Los Urbanos	36
Cuadro 4. Atributos estructurales en nopaleras con exposición cenital, en dos localidades del valle de San Luis Potosí: Las Trojes y Valle Umbroso	41
Cuadro 5. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del oriente del valle de San Luis Potosí: Cerro de San Pedro y Las Trojes	45
Cuadro 6. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del occidente del valle de San Luis Potosí: San Fernando y Los Vanegas	48
Cuadro 7. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: La tinaja y Ventura	51
Cuadro 8. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: Valle Umbroso y Los Urbanos	55
Cuadro 9. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en dos localidades del occidente del valle de San Luis Potosí: Cerro de San Pedro y Las Trojes	59
Cuadro 10. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: La Tinaja y Ventura	62
Cuadro 11. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: Valle Umbroso y Los Urbanos	65
Cuadro 12. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en una localidad del oeste del valle de San Luis Potosí: Los Vanegas	69
Cuadro 13. Densidad absoluta y relativa promedio de las especies arborecentes que habitan en nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio	71
Cuadro 14. Densidad absoluta y relativa promedio de las especies arbustivas que habitan en nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio	73
Cuadro 15. Densidad absoluta y relativa promedio de las especies herbáceas que habitan en nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio.....	76

Cuadro 16. Densidad absoluta y relativa de las especies herbáceas rasantes que habitan en nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio	79
Cuadro 17. Riqueza biológica de géneros y especies de las principales familias de plantas presentes en las nopaleras del valle de San Luis Potosí.....	80
Cuadro 18. Especies de la flora de las nopaleras del valle de San Luis Potosí incluidas en la lista roja de IUCN y en la NOM 059	81
Cuadro 19. Análisis de varianza de las variables de las nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupadas por exposición geográfica	84
Cuadro 20. Valores propios de los componentes principales obtenidos de 10 variables estructurales de las nopaleras del valle de San Luis Potosí	85
Cuadro 21. Pesos de las variables en los componentes principales calculados para las nopaleras del valle de San Luis Potosí	86
Cuadro 22. Criterios para definir el grado de deterioro del matorral crasicaule del valle de San Luis Potosí con base en variables estructurales de las nopaleras	89
Cuadro 23. Valores absolutos de los criterios utilizados para definir el grado de deterioro del matorral crasicaule del valle de San Luis Potosí con base en la estructura y composición florística de las nopaleras	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del valle de San Luis Potosí	20
Figura 2. Mapa de vegetación del valle de San Luis Potosí y sitios de muestreo	28
Figura 3. Distribución de la altura de las plantas arborescentes de las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	70
Figura 4. Distribución de la altura de las plantas arbustivas de las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	72
Figura 5. Distribución de la altura de las plantas herbáceas de las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	75
Figura 6. Número de especies de plantas vasculares registradas para las 19 nopaleras muestreadas del valle de San Luis Potosí	83
Figura 7. Ordenación de las nopaleras del valle de San Luis Potosí con base en los dos primeros ejes de componentes principales	88
Figura 8. Valores de densidad del estrato arborescente en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	143
Figura 9. Valores del área basal del estrato arborescente en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	143
Figura 10. Valores de cobertura aérea del estrato arborescente en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	144
Figura 11. Valores de cobertura aérea del estrato herbáceo en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	144
Figura 12. Valores de área basal del estrato herbáceo en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí	145
Figura 13. Los sitios de muestreo agrupados con base en datos de presencia ausencia de las especies de plantas vasculares que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí	95
Figura 14. Los sitios de muestreo agrupados con base en el valor de importancia de las especies arborescentes que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí.....	96

RESUMEN

El matorral crasicaule es un tipo de matorral xerófilo que agrupa a las comunidades arbustivas de clima árido y semiárido en que el papel de dominantes fisonómicas le corresponde a cactáceas grandes. En el estado de San Luis Potosí, el matorral crasicaule está representado por matorrales de *Opuntia*, *Myrtillocactus* o *Stenocereus*. La presente investigación tiene el propósito de analizar el deterioro ecológico del matorral crasicaule del valle de San Luis Potosí a partir de los cambios en la composición florística y estructural de las nopaleras; nombre que recibe el matorral crasicaule cuando el papel de dominantes fisonómicos les corresponde a diferentes especies de *Opuntia*. Para ello, se seleccionaron 19 sitios de muestreo. La toma de muestras se hizo por estrato y utilizando el método de cuadrantes centrados en un punto. Se elaboraron inventarios estructurales cuantitativos para describir las características de la vegetación de cada una de las localidades. Se realizó un análisis de componentes principales y se agruparon las localidades usando datos de presencia-ausencia y el índice de valor de importancia. En las nopaleras de exposición cenital las especies con el índice de valor de importancia más alto en el estrato herbáceo rasante son *Bouteloua stolonifera* y *Aphanostephus ramosissimus*; en el herbáceo *Aristida adscensionis* y *Melinis repens*; en el arbustivo, *Jatropha dioica* y *Mimosa aculeaticarpa*; y en el arborescente *Prosopis laevigata* y *Opuntia leucotricha*. En las nopaleras de exposición sur las especies con el índice de valor de importancia más alto en el estrato herbáceo rasante son *Dichondra argentea* y *Bouteloua dactyloides*; en el herbáceo, *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula*; en el arbustivo, *Mimosa aculeaticarpa* y *Jatropha dioica* y en el arbóreo *Opuntia leucotricha* y *Myrtillocactus geometrizans*. En las nopaleras expuestas al norte las especies con mayor índice de valor de importancia en el estrato herbáceo rasante son *Dichondra argentea* y *Microchloa kunthii*; en el herbáceo, *Bouteloua gracilis* y *Leptochloa dubia*; en el arbustivo, *Mimosa aculeaticarpa* y *Jatropha dioica* y en el arbóreo *Opuntia leucotricha* y *Prosopis laevigata*. Se encontraron 182 especies que se distribuyen en 137 géneros y 51 familias. Las familias con más riqueza son Poaceae (35 especies), Asteraceae (32) y Cactaceae (22). Los géneros más diversos fueron *Opuntia* (13 especies), *Bouteloua* (6), *Cheilanthes* y *Muhlenbergia* (3 cada uno). Ninguna de las flóculas se agrupó con un índice de disimilitud mayor al 50 %. Con base en los resultados obtenidos, se definieron criterios para calificar el grado de deterioro de las nopaleras en alto, moderado y bajo.

I. INTRODUCCIÓN

El matorral crasicaule es un tipo de matorral xerófilo que agrupa a todas aquellas comunidades arbustivas de clima árido y semiárido en que el papel de dominantes fisonómicas les corresponde a plantas conspicuas de tallo suculento (Rzedowski, 1978). En San Luis Potosí, el matorral crasicaule está representado por un matorral de *Opuntia* al que se le asocia *Myrtillocactus* y a veces también *Stenocereus*; pero en algunas partes más calurosas *Myrtillocactus* y *Stenocereus* llegan a ser dominantes y aun a excluir a *Opuntia* (Rzedowski, 1957). Las comunidades vegetales en las que el papel de dominantes fisonómicos le corresponde a diferentes agrupaciones de nopales, especies de *Opuntia* de tallo aplanado (antiguo subgénero *Platyopuntia*) fueron clasificadas como nopaleras por Miranda y Hernández (1963), quienes las consideraron como uno de los principales tipos de vegetación de México, incluyendo bajo la misma categoría agrupaciones de choyas, especies de *Opuntia* de tallo cilíndrico (antiguo subgénero *Cylindropuntia*), más comunes en el noroeste del país.

Marroquín *et al.* (1964) reconocen tres zonas nopaleras en México: a) la potosino-zacatecana, que incluye además, parte de los estados de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato; b) la del noreste de México, que comprende la región norte de Tamaulipas y norte y oriente de Nuevo León y c) la difusa, que se presenta en las partes calizas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila, y las partes áridas de Durango y Chihuahua. Las más extensas nopaleras se localizan en la zona potosino-zacatecana (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1978). Estas comunidades se distribuyen en forma de mosaico, alternándose con pastizales y otros tipos de matorrales xerófilos (Rzedowski, 1957); se desarrollan preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos (Rzedowski, 1978); en zonas con precipitación media anual entre 300 y 600 mm y temperatura de 16 a 22 °C en promedio anual (Rzedowski, 1978).

Rzedowski (1961) identifica en la vegetación de San Luis Potosí, un matorral que se caracteriza por la dominancia de grandes cactáceas de los géneros *Opuntia* y *Myrtillocactus*, al que denomina matorral crasicaule. Este tipo de vegetación equivale en parte a las nopaleras del sistema de clasificación propuesto por Miranda y Hernández

(1963). Es especialmente característico del suroeste del estado y ocupaba una superficie aproximada de 305,685 ha, cifra que equivale al 5 % de su territorio (Rzedowski, 1961).

Hasta mediados del siglo pasado, sólo un pequeño porcentaje del área de nopaleras en San Luis Potosí se había desmontado y se dedicaba a la producción de cosechas. Rzedowski (1961) atribuyó este hecho a que esta comunidad vegetal se desarrolla casi siempre sobre laderas pedregosas, poco aptas para la agricultura. Durante los últimos 50 años, el impacto de la producción de cosechas y producción animal sobre estos ecosistemas ha aumentado drásticamente (Challenger, 1998). Sin embargo, a la fecha se desconoce con exactitud el porcentaje de nopalera que ha sido destruido. Se estima, que el matorral crasicaule (en sus diferentes variantes) era la vegetación nativa de 1.11 % (21,934 km²) del territorio nacional (Takaki, s/f); en la actualidad, este tipo de vegetación cubre el 0.61 % (12,054 km²) del territorio de la República Mexicana, con base en la carta de uso del suelo y vegetación escala 1:250,000 serie III (INEGI, 2005, citado por CONABIO, 2014). En consecuencia, se concluye que al menos 0.5 % (9,880 km²) del territorio nacional cubierto originalmente con este tipo de vegetación ha sido deforestado.

Actualmente, las nopaleras son usadas como agostaderos, son el hábitat de muchas especies de flora y fauna silvestre, contribuyen a prevenir la erosión y son de importancia en la producción rural. Su destrucción conlleva a la pérdida de un ecosistema endémico de México, de los servicios ambientales que proporciona y merma la diversidad genética de *Opuntia*, un género de origen sudamericano, que tiene en México su principal centro de diversificación (Majure *et al.*, 2012).

México también es el centro de origen de *Opuntia ficus-indica*, la cactácea de mayor importancia económica en el mundo (Griffith, 2004; Reyes-Agüero, *et al.* 2005). En consecuencia, concentra la mayor riqueza de cultivares y es el área de distribución natural de las especies silvestres, genéticamente emparentadas con ella (Benson y Walkington, 1965; Bravo, 1978, citados por Reyes-Agüero, *et al.*, 2005).

La conservación y restauración de las nopaleras naturales debiera ser una prioridad nacional. Sin embargo, las que aún se mantienen en pie, muestran diferentes grados de deterioro ecológico porque han estado sujetas a un fuerte y desordenado pastoreo, lo que ha dado por resultado cambios pronunciados en la vegetación, esencialmente en el

sentido de una substitución de las especies forrajeras apetecibles, por otras que el ganado no consume; por ello, la cantidad de especies anuales y subarbustos espinosos ha aumentado en gran proporción (Rzedowski, 1961).

El presente trabajo analiza el deterioro ecológico del matorral crasicaule a partir de los cambios cuantitativos en la composición florística y estructura de las nopaleras que crecen en el valle de San Luis Potosí. Desafortunadamente, el estudio de las nopaleras ha sido principalmente descriptivo, por lo que se carece de los elementos cuantitativos que sirva como referencia para hacer un análisis comparativo que permita determinar el avance del deterioro ecológico. El único trabajo publicado que analiza cuantitativamente la composición florística y estructura de las nopaleras de México, lo realizó del Castillo (2000). Se espera subsanar esta deficiencia y establecer un punto de partida para contribuir a la conservación, restauración y adecuado manejo del matorral crasicaule, en particular de las nopaleras.

II. OBJETIVOS

Objetivo

Describir el matorral crasicaule del valle de San Luis Potosí y analizar su grado de deterioro ecológico, a partir de los datos cuantitativos en su composición florística y estructura.

III. ANTECEDENTES

3.1. Nopalera como tipo de vegetación

Miranda y Hernández (1963) introdujeron al ámbito científico el concepto de nopaleras para referirse a uno de los más importantes tipos de vegetación de México. En forma sucinta las definen como asociaciones de nopales (*Opuntia* spp.) que se presentan en climas subtemplados áridos de las mesas centrales o centro septentrionales de México. Los autores afirman que las nopaleras más extensas (de *Opuntia leucotricha*, *O. robusta*, *O. streptacantha*, etc.) cubren vastas superficies de los estados de Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí y Durango. Las especies de *Opuntia* de tallos cilíndricos (*Cylindropuntia*) pueden formar también agrupaciones más o menos extensas, muy difundidas en las zonas de extrema aridez del noroeste (Sonora y Baja California).

Rzedowski (1957) incluyó en el concepto de matorral crasicaule las comunidades vegetales en las que dominan las cactáceas del género *Opuntia*, al abordar el estudio de los diferentes tipos de vegetación de las porciones áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas. De acuerdo con el autor, este tipo de vegetación es especialmente característico de los extremos oeste y sur de esos estados, en donde prevalece el sustrato riolítico o basáltico.

Flores *et al.* (1971) agruparon las nopaleras bajo el concepto de matorral crasicaule, junto con otras comunidades arbustivas de clima árido y semiárido en el que un papel importante corresponde a plantas conspicuas de tallo succulento. Rzedowski (1978), incluyó las nopaleras en las comunidades vegetales que se agrupan bajo el concepto de matorral crasicaule, las cuales forman, a su vez, parte del tipo de vegetación más general denominado matorral xerófilo. El autor describe un matorral de *Opuntia*, que es parte de la cubierta vegetal de la parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí, siendo las principales especies dominantes de estas nopaleras *O. streptacantha* y *O. leucotricha*.

Las comunidades vegetales del estado de San Luis Potosí, en las que predominan las cactáceas grandes, han sido descritas por varios autores bajo diferentes denominaciones (Calderón, 1960; Rzedowski, 1955, 1957, 1961, 1966; López *et al.*, 1977a). Rzedowski (1955) las denominó inicialmente como matorral cactus-mezquite. Denominación que retomó Calderón (1960) para describir un matorral que ocupaba 10 % de la superficie del valle de San Luis; cuyo estrato principal tenía una altura de 1 a 3 m y las especies dominantes eran, conservando en lo sucesivo los nombres botánicos usados por los autores, *Opuntia streptacantha*, *O. leucotricha*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Prosopis juliflora*. Rzedowski (1961) optó por clasificar estas asociaciones vegetales como matorral crasicaule. Con base en la información proporcionada por Rzedowski, en este tipo de vegetación se pueden reconocer cuatro estratos: el primero es un estrato de eminencia de 4 a 5 m de altura, formado por *Yucca filifera*, *Y. decipiens* y *Lemaireocereus* sp., no siempre está presente y nunca cubre más de 10 % de la superficie; el segundo tiene comúnmente una altura de 1.5 a 3 m y su cobertura oscila entre 10 y 60 %. El autor cita 18 especies para este estrato, siendo las especies dominantes *Opuntia streptacantha*, *O. leucotricha* y *Myrtillocactus geometrizans*. El tercero es un estrato arbustivo de 0.4 a 1 m, cubre por lo general 20 a 40 % de la superficie, siendo *Mimosa biuncifera* su componente

más abundante. El autor cita otras 20 especies frecuentes en este estrato, por ejemplo, *Adolphia infesta*, *Agave atrovirens*, *Baccharis pteronioides*, *Brickellia veronicifolia*, *Buddleja scordioides*, *Bursera fagaroides*, *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor*, *Gymnosperma glutinosum*, *Jatropha dioica*, *Opuntia robusta*, etcétera. El cuarto es un estrato herbáceo que presenta cambios fenológicos muy acentuados y su desarrollo depende de las condiciones meteorológicas de las semanas previas a la fecha de muestreo. Rzedowski (1961) elaboró una lista que incluye 39 especies muy comunes, por ejemplo: *Aristida adscencionis*, *Bahia schaffneri*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Bouvardia ternifolia*, *Gomphrena decumbens*, *Heterosperma pinnatum*, *Leptochloa dubia*, *Loeselia caerulea*, *Lycurus phleoides*, *Menodora coulteri*, *Mentzelia hispida*, *Microchloa kunthii*, *Setaria geniculata*, *Stipa eminens*, etcétera; también abundan las rastreras como: *Brayulinea densa*, *Dichondra argentea*, *Euphorbia prostrata*, *Evolvulus alsinoides*, *Paronychia mexicana*, *Scopolophila parryi*, etcétera; y las trepadoras cubren muchos arbustos en la época de lluvia, destacando *Cardiospermum halicacabum*, *Clematis drumondii*, *Cynanchum kunthii*, *Ipomoea* spp. y *Sarcostema elegans*. López *et al.* (1977) al estudiar una nopalera de *O. streptacantha* en el altiplano potosino-zacatecano, encontraron que con ella se asociaba *Yucca filifera*, *Jatropha dioica*, *Pellaea* sp., *Mimosa biuncifera*, *Senecio* sp., *Acacia constricta*, *Buddleja scordioides*, *Bouvardia* sp., *Flourencina cernua* y *Dalea bicolor*.

Rzedowski (1957) afirma que los límites de las nopaleras, son muy difíciles de fijar, pues suelen alternarse a manera de mosaico con el matorral micrófilo hacia el este y particularmente con el zacatal hacia el oeste. El autor observó que no siempre era fácil distinguir una nopalera natural de una secundaria.

3.2 Estructura y composición florística y de las nopaleras

La estructura de una comunidad puede ser física o biológica (Krebs, 1985; Smith y Smith, 2006). La composición de especies define la estructura biológica de una comunidad, e incluye tanto el número de especies, como su abundancia relativa (Smith y Smith, 2006). La estructura física de la comunidad refleja factores bióticos y abióticos. Cada comunidad tiene una estructura vertical distintiva. La estructura vertical es determinada en gran manera por el tamaño, la forma de ramificar y las hojas de las plantas (Smith y Smith, 2006). La estructura vertical de la comunidad vegetal proporciona el almacén físico interactuante, al cual están adaptadas a vivir muchas formas de vida animal (Smith y

Smith, 2006) y se refiere en esencia a la estratificación o separación espacial o temporal de los organismos que forman la comunidad (Sutton y Harmon, 1998). Por ejemplo, en la estratificación vertical de una nopalera se tiene un estrato superior formado por los grandes nopales arborescentes y un estrato inferior en el que predomina arbustos y hierbas. El suelo constituye la matriz para las interacciones radicales de todas estas plantas, y los animales de esta comunidad, se distribuyen en la estructura definida por las plantas y el suelo.

Son escasos los estudios publicados que abordan la estructura física y biológica de las nopaleras; como el estudio de del Castillo (2000). Sin embargo, son abundantes estos trabajos en otros tipos de vegetación como bosque mesófilo de montaña (Sánchez-Rodríguez, *et al.*, 2003; Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007, Fortanelli-Martínez, *et al.*, 2014;); bosque tropical perennifolio (Gillespie, *et al.*, 2004; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011); bosque tropical caducifolio (Arias-Medellín *et al.*, 2014); bosque de *Pinus* (Valdés-Sáenz *et al.*, 2014); bosque de *Quercus* (Rubio-Licon *et al.*, 2011); bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus* y pastizal (Aragón-Piña *et al.*, 2010); matorral espinoso tamaulipeco (Mora *et al.*, 2013); matorral xerófilo y pastizal (Aldrete, 1981); matorral xerófilo, pastizal y cultivo de nopal (Harker, *et al.*, 2008).

Por otra parte, Puente (1995) estudió la distribución ecológica de las nopaleras en San Luis Potosí y recientemente se actualizó la información sobre la abundancia de las nopaleras en el altiplano potosino oeste (Palacios-Núñez, *et al.*, 2012). También se publicó una síntesis sobre interacciones biológicas en las nopaleras del centro de México (González, 1999), que menciona aspectos sobre disturbio en estas comunidades vegetales. Otro trabajo analiza la diversidad beta de comunidades de cactáceas en el centro-norte de México (Goettsch y Hernández, 2006) y una revisión de los matorrales crasicaules de San Luis Potosí se encuentra en proceso (Reyes-Agüero y Vallejo, en prensa).

El estudio de del Castillo (2000), tuvo el propósito de fundamentar medidas y prácticas que permitieran la conservación, restauración o aprovechamiento racional de este tipo de vegetación. El trabajo de campo se realizó en el municipio de Ciudad Cuauhtémoc, Zacatecas. Se asumió que la orientación de la ladera y el sobrepastoreo, eran los factores principales que modifican la composición florística y la estructura de estas comunidades

vegetales. Los resultados indican que en las nopaleras estudiadas, la porción más elevada del dosel alcanza una altura promedio de 1.55 a 1.70 m, en el que destacan, respetando los nombres botánicos usados por el autor; arbustos altos como *Salvia keerli*, plantas arborescentes como *Opuntia chaveña* y *O. streptacantha* y arboles como *Quercus grisea*. El estrato arbustivo tiene una altura media de 50 a 60 cm y está constituido principalmente por compuestas y leguminosas. Las herbáceas son principalmente gramíneas, de 30 cm de altura media. La riqueza florística fue significativamente distinta entre sitios de diferente exposición. La exposición norte y la ausencia de ganado doméstico dieron los valores más altos de diversidad. El autor concluyó que la composición florística y la estructura de las nopaleras varía considerablemente en sitios cercanos con condiciones topográficas y geológicas similares, pero que difieren entre sí en orientación o nivel de herbivoría por animales domésticos. Sin embargo, al no contar con repeticiones independientes, es decir, con datos de varios sitios con condiciones contrastantes de estos factores, no fue posible establecer una relación causa-efecto entre éstas y las diferencias observadas entre cada sitio.

Desde el punto de vista metodológico, se han propuesto métodos de superficie y métodos de distancia para cuantificar la frecuencia, densidad y cobertura. Los métodos de superficie son los más usuales (Sánchez-Rodríguez, *et al.* 2003, Arias-Medellín *et al.*, 2014; Valdés-Sáenz *et al.*, 2014; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011; Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007; Rubio-Licon *et al.*, 2011). De las publicaciones consultadas, únicamente Aldrete (1981) y Aragón-Piña *et al.* (2010) recurren a un método de distancia.

Entre los métodos de distancia más utilizados para medidas cuantitativas de la vegetación, sin el uso de parcelas definidas, figuran los de pares al azar y los de cuadrantes centrados en un punto (Franco *et al.*, 1985). Los métodos de distancias que emplean mediciones de distancias desde punto de muestreo a la planta más cercana permiten una mejor caracterización cualitativa y cuantitativa de la distribución espacial de las plantas (Cox, 1972). Tello *et al.* (2006) no encontraron diferencia estadística significativa al comparar los resultados obtenidos con los métodos de cuadrante, sextante y parcela cuadrada, al cuantificar la densidad, área basal y volumen en un bosque tropical, sin embargo, refieren que los métodos de cuadrantes y sextantes no son eficientes cuando existe aglutinamiento de las especies en el punto de muestreo. Abelleira y Colón (2006) tampoco encontraron diferencia alguna en la densidad de árboles ni el

área basal de bosques secundarios aluviales al comparar el método de muestreo de parcela contra punto-cuadrante.

3.3 Estudios florísticos

A la fecha, el estado de San Luis Potosí no dispone de un catálogo actualizado de plantas vasculares que habitan en su territorio. La información disponible sobre el tema está dispersa en monografías, revisiones taxonómicas, catálogos de especies y floras regionales. En el caso particular de las nopaleras, existen catálogos florísticos en varios de los trabajos que abordan su estudio (Calderón, 1960; Rzedowski, 1965; Rzedowski y McVaugh, 1966; López *et al.*, 1977; Rodríguez, 1981; García, 1988; Reyes-Agüero *et al.* 1996, del Castillo, 2000). Con base en el recuento de las especies que se citan en estas publicaciones, se elaboró un catálogo de 412 especies de plantas propias de la flora del matorral crasicaule (Reyes-Agüero y Vallejo, en prensa). Las recolectas realizadas por Rzedowski (1961) y de algunos otros recolectores se pueden consultar en la base de datos pública del Herbario Isidro Palacios del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (<http://slpm.uaslp.mx/>).

3.4 Las diferencias ecológicas en las laderas por su exposición cardinal

La topografía, especialmente la orientación de las laderas (su exposición a algún punto cardinal), influye en las condiciones climáticas locales (Smith y Smith, 2007). En el hemisferio norte y a la latitud en que se ubica el área de estudio, las laderas orientadas hacia el sur reciben más energía solar, mientras que las orientadas hacia el norte reciben menos.

Debido a que las temperaturas elevadas y los altos índices de evaporación y transpiración vinculados a ellas, extraen la humedad del suelo y de las plantas. El índice de evaporación en las laderas orientadas al sur generalmente es 50 % más elevado, las temperaturas medias son mayores y la humedad del suelo es más baja (Smith y Smith, 2007). Las condiciones son más secas en la cima de las laderas orientadas al sur, donde el movimiento del aire es mayor; y más húmedas en el pie de las laderas orientadas al norte (Smith y Smith, 2007). A pesar de la importancia de este fenómeno son escasos los estudios encaminados a evaluar el efecto de exposición de ladera en nopaleras y se cuenta con pocas determinaciones meteorológicas y de humedad del suelo que ayuden a interpretar los posibles cambios en vegetación asociados con ese factor. Del Castillo

(2000) informó los siguientes resultados para el municipio de Ciudad Cuauhtémoc, Zacatecas: a) la ladera sur recibió aproximadamente 44 minutos más de luz solar directa por día que la orientada al norte; b) en general, el sitio orientado al sur presentó temperaturas más altas que el orientado al norte, aunque las diferencias entre sitios fueron más marcados durante los días soleados; c) las noches fueron húmedas y en ambos sitios se alcanzó el punto de rocío, pero su duración fue generalmente más prolongada en el expuesto al norte y d) el potencial mátrico del suelo fue significativamente más negativo en la ladera sur que en la norte y se encuentra positivamente correlacionado con los registros concomitantes de humedad atmosférica relativa.

3.5. Deterioro ambiental o ecológico

El deterioro ambiental o ecológico es cualquier proceso o resultado que incide negativamente en el ambiente, entendido éste como el conjunto de valores naturales, sociales y culturales que afectan y condicionan la vida de las sociedades actuales y la de las generaciones futuras (IPADE, s/f). Aunque el deterioro ambiental también es provocado por disturbios naturales, es indudable que la causa mayor del deterioro continuo del ambiente global es el insostenible modelo de producción y consumo, particularmente en los países industrializados (Jiménez, 1996; citado por Colín, 2003).

El cambio climático, la desertificación y la pérdida de la biodiversidad son los tres grandes problemas ambientales globales (IPADE, s/f). Estos tres fenómenos afectan directa e indirectamente la calidad de vida de la población mundial. En nivel local, el deterioro ambiental se manifiesta en problemas como la erosión, la deforestación, la contaminación del agua, la contaminación por residuos sólidos y peligrosos y la contaminación del aire (Espejel, *et al.*, 2004)

La pérdida de la biodiversidad se refiere al proceso de extinción masiva que experimenta la Tierra en la actualidad. Sin lugar a dudas, la causa principal de las extinciones de especies radica en la destrucción de los ecosistemas a consecuencia de la expansión de las poblaciones y actividades humanas (Smith y Smith, 2006). En los ecosistemas que han sobrevivido a la deforestación vinculada a la expansión de la agricultura, el deterioro ecológico está provocando el desplazamiento de las especies dominantes y la colonización de otras más competitivas en el escenario creado por el disturbio

antropogénico, procesos que impulsan la sucesión. Flores y Yeaton (2000) estudiaron estos procesos para destacar la importancia de la competencia interespecífica en la organización de las comunidades vegetales en el altiplano mexicano. Los autores se concentran en las especies dominantes y encontraron que las primeras especies que pueden entrar a un pastizal con disturbio son *Larrea tridentata* y *Prosopis laevigata*. Posteriormente pueden reemplazarlas *Acacia schaffneri*, *Opuntia streptacantha*, y finalmente *Yucca decipiens*. La entrada de *Prosopis* o *Larrea* al pastizal se inicia debido a que los disturbios del sobrepastoreo abren huecos en el pastizal que los libera de competencia por agua y nutrientes minerales. Flores y Yeaton (2000) afirman que *Larrea* funciona como nodriza de arbustos, árboles o suculentas que con el tiempo la reemplazan. Para mezquite (*Prosopis* sp.) también se ha documentado que crea sitios adecuados para la entrada de otras especies (Archer *et al.*, 1988, citado por Flores y Yeaton, 2000), que eventualmente pueden reemplazarlo por competencia, como *O. streptacantha*, *A. schaffneri* o *Yucca* spp. La invasión de arbustos en los pastizales es un proceso que aparentemente inició recientemente. Los agentes causales más probables parecen ser el sobrepastoreo, la supresión del fuego y cambios históricos en el clima (Grover y Musick, 1990; citados por Flores y Yeaton, 2000).

Rzedowski (1961) observó que en San Luis Potosí, el área de matorral crasicale coincidía con una zona relativamente bien poblada por humanos, por lo cual la influencia de sus actividades sobre su composición de especies, estructura y distribución había sido apreciable. A mediados del siglo XX, prácticamente toda el área estaba sujeta al sobrepastoreo, lo que dio por resultado cambios pronunciados en la vegetación, esencialmente en el sentido de un reemplazamiento de las especies apetecidas por el ganado por otras que los animales no consumían; la cantidad de especies anuales y de arbustos espinosos aumentó en gran proporción (Rzedowski, 1966). En algunas localidades cercanas a los poblados las grandes cactáceas fueron totalmente destruidas y en su lugar se desarrolló un zacatal asociado con arbustos. Por el contrario, en otros sitios los nopales colonizaron los zacatales clímax deteriorados por el sobrepastoreo.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

4.1.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo se realizó en el valle de San Luis Potosí y algunas zonas adyacentes. Con el nombre de valle de San Luis Potosí se conoce una cuenca hidrográfica endorreica, que se ubica en la porción sur de la Mesa Central y ocupa la región suroeste del estado del mismo nombre. Abarca la totalidad del municipio de Soledad de Graciano Sánchez, la mayor parte de los municipios de San Luis Potosí y Cerro de San Pedro, así como una pequeña fracción de los municipios de Mexquitic de Carmona, Ahualulco y Villa de Zaragoza (Comisión Nacional del Agua, 2002) y tiene una superficie de 1,858 km² con base en el trazo del parteaguas de la cuenca (Campos-Aranda, 2013). Sus coordenadas extremas son 21°57' - 22°30' latitud norte y 100°38' - 101°15' de longitud oeste (Figura 1).

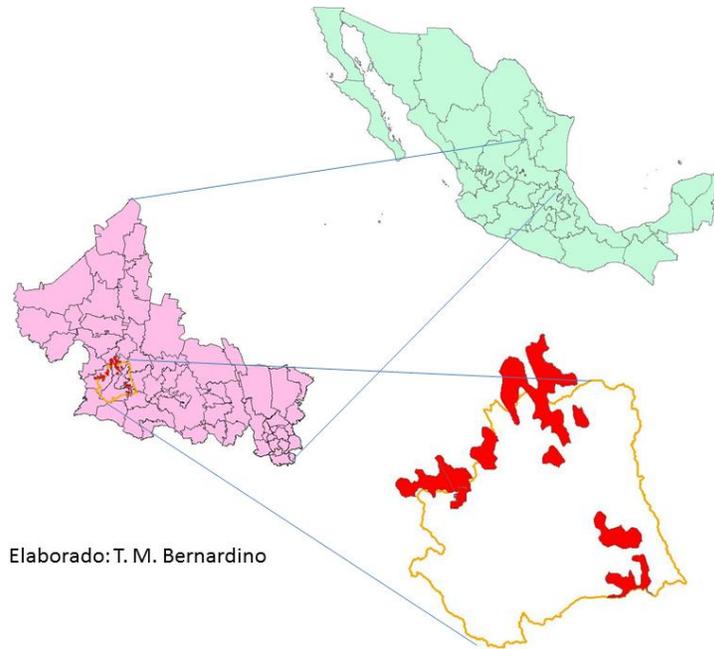


Figura 1. Ubicación geográfica del valle de San Luis Potosí. Los polígonos en rojo indican la ubicación de las nopaleras.

La cuenca hidrográfica del valle de San Luis Potosí corresponde a la parte más meridional de la región El Salado y está limitada al oeste y suroeste por la Sierra de San Miguelito y la Sierra de Mexquitic, denominaciones locales de la Sierra de San Luis, un sistema de estructura ígnea más amplio; al oriente limita con la Sierra de Álvarez y por un macizo transversal de naturaleza volcánica de dirección noreste-suroeste al norte. A la altura del

poblado La Pila se encuentra el límite sur, separando el Valle de San Luis Potosí de la cuenca del Río de Santa María (Calderón, 1960; Monroy y Calvillo, 1997).

4.1.2. Relieve

La zona consta de una porción plana en la parte central, ubicada a una altitud de 1800 m, sólo interrumpida por algunas elevaciones aisladas y por una porción montañosa que limita al valle en todos sus puntos, excepto por la parte sur. Los macizos montañosos del oeste y norte presentan trazos angulosos, por lo que su topografía es bastante escabrosa, advirtiéndose frecuentemente la presencia de cañones y picos. El punto más alto en este sitio alcanza 2850 m sobre el nivel del mar, en el Cerro del Órgano, situado en el ángulo suroeste del Valle. Las elevaciones del este y noreste presentan un perfil mucho más moderado, la cima más alta de este lado alcanza una altitud de 2750 m, en el Cerro de las Peñas Prietas, al sureste (Calderón, 1960; Anónimo, 1972; Puente, 1992).

4.1.3. Hidrología

En la cuenca del Valle de San Luis Potosí los recursos hídricos son reducidos, esto debido a la escasa precipitación y el relieve, lo que origina un rápido drenado de las corrientes fluviales, las cuales son de tipo intermitente y sólo en las zonas de sustrato riolítico a veces llevan agua durante algunos meses del año (Calderón, 1960; Puente, 1992). Entre las principales corrientes superficiales destacan, el río Santiago que se forma en la Sierra de San Miguelito, que abastece primero la presa del Peaje y aguas abajo la presa de San José. De la Sierra de Mexquitic al oeste, baja el río San Juanico que almacena sus aguas en la presa Álvaro Obregón; hacia el este se encuentra el arroyo de la Tinaja y al sur el río Española. Estos arroyos van disminuyendo de profundidad conforme se acercan al centro de la planicie (Monroy y Calvillo, 1997)

4.1.4. Geología

El valle de San Luis Potosí fue originado por un graben o fosa tectónica escalonada, delimitado por rocas volcánicas del Terciario que sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias marinas del Cretácico Superior. La fosa tectónica se encuentra cubierta por material no consolidado de espesor muy variable, presentando desde 80 m hasta 350 m y en ocasiones mayores de 500 m; en algunos pozos se han localizado basaltos intercalados en estos sedimentos cuaternarios, ignimbritas riolíticas y tobas arenosas del Oligoceno Superior, así como ignimbrita del Oligoceno Medio (Labarthe-Hernández *et al.*,

1982). Las rocas ígneas ocupan aproximadamente 35 % del área del valle (Calderón, 1960) y están representadas por: a) basaltos de color oscuro que solo se encuentran en las cimas de algunos cerros calizos al noreste del valle; b) riolitas de color rosado y edad terciaria, que forman un macizo montañoso, de dirección norte - sur, que constituye los límites del valle por el norte, oeste y suroeste. Al sureste se encuentra otro macizo más pequeño que se extiende hasta Cerro de San Pedro. Además, la riolita se presenta aisladamente, ya sea en pequeños macizos como sucede hacia el noreste, o en eminencias solitarias como El Peñasco, que da su nombre al poblado cercano, y por último en las cimas aplanadas en forma de mesas de algunos cerros calizos de cierta altura en la parte este del valle. Los basaltos son de color muy oscuro, probablemente del cuaternario y se ha notado únicamente en las puntas de unos cuantos cerros calizos, en el ángulo noreste del valle, tal vez su origen está relacionado con los fenómenos volcánicos que dieron lugar a la depresión llamada "La Joya", a la que se encuentran muy cercanos (Calderón, 1960; Puente, 1992). Las rocas sedimentarias están constituidas por: a) calizas del Cretácico; son de color gris-azulado y se disponen en capas de diferente grosor, ocupan el 10 % del área total y se localiza al este del valle; b) depósitos aluviales, datan del Plioceno y Pleistoceno, los primeros son escasos y forman cerros constituidos por guijarros y gravas de naturaleza caliza principalmente, los segundos forman el fondo del valle y los abanicos aluviales que suelen rodear los cerros, particularmente los de material calizo, son de color pálido a blanquizco y forman el 55 % de la superficie total del valle (Rzedowski, 1957, Calderón, 1960, Puente, 1992).

4.1.5. Suelos

Las rocas sedimentarias y las rocas ígneas constituyen el material parental con que se forman las diversas unidades de suelo. Puente (1992) cita para el área de estudio las siguientes unidades, con base en la cartografía de Anónimo (1972): a) Phaeozem, suelos formados por una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, se presentan en la porción plana del valle cubriendo las zonas centro y sur; b) Xerosoles, son suelos con una capa superficial de color claro y muy pobres en materia orgánica, se presentan en la parte norte de la porción plana del valle con algunos afloramientos calizos; c) Castañozem, presentan un horizonte A de color pardo oscuro y con acumulaciones calcáreas; d) Litosoles, suelos con profundidad menor de 10 cm hasta la roca o tepetate, se presentan en la Sierra de San Miguelito al oeste y suroeste, así como en la Sierra de Álvarez al este; e) Fluvisoles, son de origen aluvial, poco desarrollados y

se localizan sobre el lecho del río Mexquitic hasta el poblado Agua Señora al oeste del valle.

4.1.6. Clima

El clima predominante en el valle de San Luis Potosí es árido con régimen de lluvias de verano, corresponde al subtipo BS₀, el más seco de los BS, de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (2004). Puente (1992) cita tres subtipos climáticos con base en Anónimo (1970): a) BS₀hw(w)(i)g, que se presenta sobre las porciones elevadas de la Sierra de Mexquitic y San Miguelito al suroeste; b) BS₀kw”(w)(e)g, se presenta en la porción baja del valle ocupando la parte central de norte a sur y c) BS₁kw(e)g, se presenta al sureste del valle, sobre las elevaciones del municipio de Zaragoza. Con base en las estadísticas climatológicas de las estaciones ubicadas dentro del área de estudio (Medina *et al.*, 2005), la precipitación media anual varía de 267.9 a 422.7 mm y la temperatura media anual de 14.9 a 19.3 °C (Cuadro 3). La mayor precipitación se presenta al occidente del área de estudio y la menor al norte. La temperatura media anual más alta se registra en la porción central del área de estudio, en coincidencia con la estación climatológica ubicada a menor altura sobre el nivel del mar. Los meses más lluviosos son junio, julio y septiembre. Mayo es el mes más cálido.

Cuadro 1. Variables climáticas registradas en las estaciones meteorológicas ubicadas en el valle de San Luis Potosí (Fuente: Medina *et al.*, 2005)

Estación	Municipio	Longitud	Latitud	Altitud (m)	TMaxMA (°C)	TMinMA (°C)	TMA (°C)	PMA (mm)
El Peaje	San Luis Potosí	101° 06' 48"	22° 05' 24"	2101	24.2	9.5	16.9	393.5
El Terreno	San Luis Potosí	100° 53' 20"	22° 23' 59"	1850	25.9	10.1	18.0	267.9
Mexquitic	Mexquitic	101° 06' 31"	22° 16' 17"	1749	24.2	9.3	16.7	422.7
Pilares	San Luis Potosí	101° 05' 00"	22° 27' 00"	1675	27.9	10.6	19.3	370.2
San Luis Potosí	San Luis Potosí	100° 59' 00"	22° 30' 00"	1877	26	9.6	17.8	341.0
Soledad	Soledad de Graciano Sánchez	100° 56' 00"	22° 11' 00"	1882	23.6	10	16.8	332.2
Xoconoxtle	Zaragoza	100° 42' 33"	22° 06' 04"	2200	24.3	5.4	14.9	392.5
Zaragoza	Zaragoza	100° 43' 32"	22° 02' 12"	1958	26.4	8.3	17.4	326.2

4.1.7. Vegetación

La vegetación del valle de San Luis Potosí ha sido descrita por Rzedowski (1957) y Calderón (1960), quienes reconocieron siete tipos de vegetación: matorral desértico aluvial, matorral de cactus-mezquite, matorral desértico calcícola, zacatal, encinar arbustivo, encinar y piñonar. Puente (1992) actualizó la nomenclatura y describió las comunidades de la siguiente manera:

Matorral desértico micrófilo: corresponde al matorral desértico aluvial; se presenta en la porción plana del valle, sobre sustrato aluvial y una altitud de alrededor de 1800 m (Figura 2). Ocupa el 55 % de la superficie total del valle de San Luis Potosí (Calderón, 1960). Se presenta con dos variantes que son el matorral de *Larrea tridentata* como especie dominante, acompañado de *Flouencia cernua*, *Zinnia acerosa*, *Agave* spp., *Koeberlinea spinosa*, *Opuntia* spp., *Rhus microphylla*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Yucca filifera*; y el matorral de *Prosopis laevigata*, que se desarrolla en las zonas más bajas e inundables, se asocia con *Opuntia* spp., *Myrtillocactus geometrizans*, *Ferocactus histrix*, etcétera.

Matorral desértico rosetófilo: equivale al matorral desértico calcícola, se presenta en las elevaciones calizas del norte y este del valle entre los 1850 y 2000 m (Figura 2). Presenta una cubierta dominada por *Agave lechuguilla*, *A. striata*, *Hechtia glomerata*, *Yucca carnerosana*, *Euphorbia antisiphylitica* y *Opuntia stenopetala*.

Matorral crasicaule: equivale al matorral de cactus-mezquite, se localiza en sustrato riolítico en las elevaciones de los límites noroeste, norte y sureste y al pie de estas elevaciones (Figura 2). Ocupa el 10 % del área total del valle de San Luis Potosí (Calderón, 1960). Presenta dos variantes, una dominada por especies de *Opuntia* spp., y otra por *Myrtillocactus geometrizans*.

Pastizal: se presenta sobre sustrato riolítico o calizo, entre los 1900 y 2100 m, dominando las gramíneas de los géneros *Bouteloua* spp., *Muhlenbergia* spp., *Stipa* spp. e *Hilaria* spp.

Encinar arbustivo: se desarrolla tanto en las elevaciones calizas del norte como sobre las elevaciones riolíticas del suroeste, entre los 2400 y 2500 m. Ocupa más o menos el 8 % de la superficie total del valle (Calderón, 1960). Dominan los encinos arbustivos como *Quercus potosina*, *Q. tinkhamii* y *Q. microphylla*.

Bosque de encino: corresponde al encinar, representa el tipo de vegetación más mésico, se presenta en las laderas de los cerros calizos al este del valle, entre los 2500 y 2700 m, se compone de especies arbóreas como *Quercus regulosa* y *Q. coccolobaefolia* asociados a otros arbustos como *Arbutus xalapensis*, *Buddleja humboldtiana*, etcétera (figura 2).

Bosque de pino: corresponde al piñonar, característico de las elevaciones riolíticas del suroeste del valle, entre 2400 y 2600 m. Ocupa aproximadamente el 2 % del valle de San Luis Potosí (Calderón, 1960, Figura 2). Presenta el aspecto de un bosque dominado por *Pinus cembroides* asociado a algunos arbustos como *Agave* spp., *Dasyllirion acrotiche*, *Quercus* spp., etcétera.

4.2 Trabajo de campo

Inventarios estructurales cuantitativos: Los inventarios estructurales cuantitativos corresponden a la etapa de estudio intensivo del matorral crasicaule del valle de San Luis Potosí. Después de determinar la ubicación del matorral crasicaule, con base en la carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:250,000 (Anónimo, 1985), se realizaron recorridos de campo y se seleccionaron 19 nopaleras, usando como criterios su accesibilidad, la presencia cercana de laderas con diferente exposición (norte, sur y cenital, ésta última se refiere a una superficie plana ubicada al pie de la ladera o en las cimas de algunos cerros) en el mismo sitio, y mismo tipo de roca (riolita comúnmente). Los sitios seleccionados se distribuyen en seis municipios del estado de San Luis Potosí: Cerro de San Pedro; Mexquitic de Carmona; San Luis Potosí; Soledad de Graciano Sánchez y Zaragoza (Cuadro 2, Figura 2).

Cuadro 2. Ubicación política y geográfica de los sitios muestreados para obtener la estructura y la composición florística de las nopaleras del valle de San Luis Potosí. Las primeras cuatro letras de la clave corresponden al nombre de la localidad más cercana, la última letra, a la orientación geográfica del sitio.

Municipio	Localidad	Clave	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Pendiente (°)	Exposición (°N)
Soledad de Graciano S.	Ventura	VENTS	22°22'20"	100°46'42"	1896	33.00	213.69
Soledad de Graciano S.	Ventura	VENTN	22°22'44"	100°46'43"	1883	42.00	90.00
Soledad de Graciano S.	Techa	TEHC	22°20'55"	100°48'23"	1882	0.00	
San Luis Potosí	Los Urbanos	URBAN	22°22'31"	100°53'23.2"	1888	22.31	74.00
San Luis Potosí	Los Urbanos	URBAC	22°22'3"	100°53'17.4"	1863	5.75	90
San Luis Potosí	Los Urbanos	URBAS	22°22'29"	100°53'38"	1955	5.72	211.70
Soledad de Graciano S.	La Tinaja	TINAS	22°21'37"	100°50'32.1"	1850	16.00	178.15
Soledad de Graciano S.	La Tinaja	TINAN	22°22'30"	100°45'43"	1851	38.83	63.43
Mexquitic	San Fernando	SFERS	22°15'20"	101°07'11.1"	2103	26.73	208.85
Mexquitic	Los Vanegas	VANEN	22°16'8"	101°04'36"	2026	44.10	338.19
Mexquitic	Los Vanegas	VANES	22°16'01"	101°04'33"	2032	19.62	169.82
Zaragoza	Las Trojes	TROJN	22°08'32"	100°45'33"	2028	14.54	33.69
Zaragoza	Las Trojes	TROJC	22°08'25"	100°45'32"	2031	7.25	180
Zaragoza	Las Trojes	TROJS	22°08'4"	100°45'45.7"	2014	19.71	206.56
Mexquitic	Valle Umbroso	UMBRC	22°25'34"	101°03'48.5"	1910	32.47	261.87
Mexquitic	Valle Umbroso	UMBRN	22°25'42"	101°03'43"	1906	14.55	213.69
Mexquitic	Valle Umbroso	UMBRS	22°25'33"	101°03'52.7"	1880	13.37	238.63
Cerro de San Pedro	Cerro de San P.	SAPES	22°11'26"	100°47'13.6"	2117	16.55	215.13
Cerro de San Pedro	Cerro de San P	SAPEN	22°11'35.	100°47'12.7"	2162	12.3.0	4.76

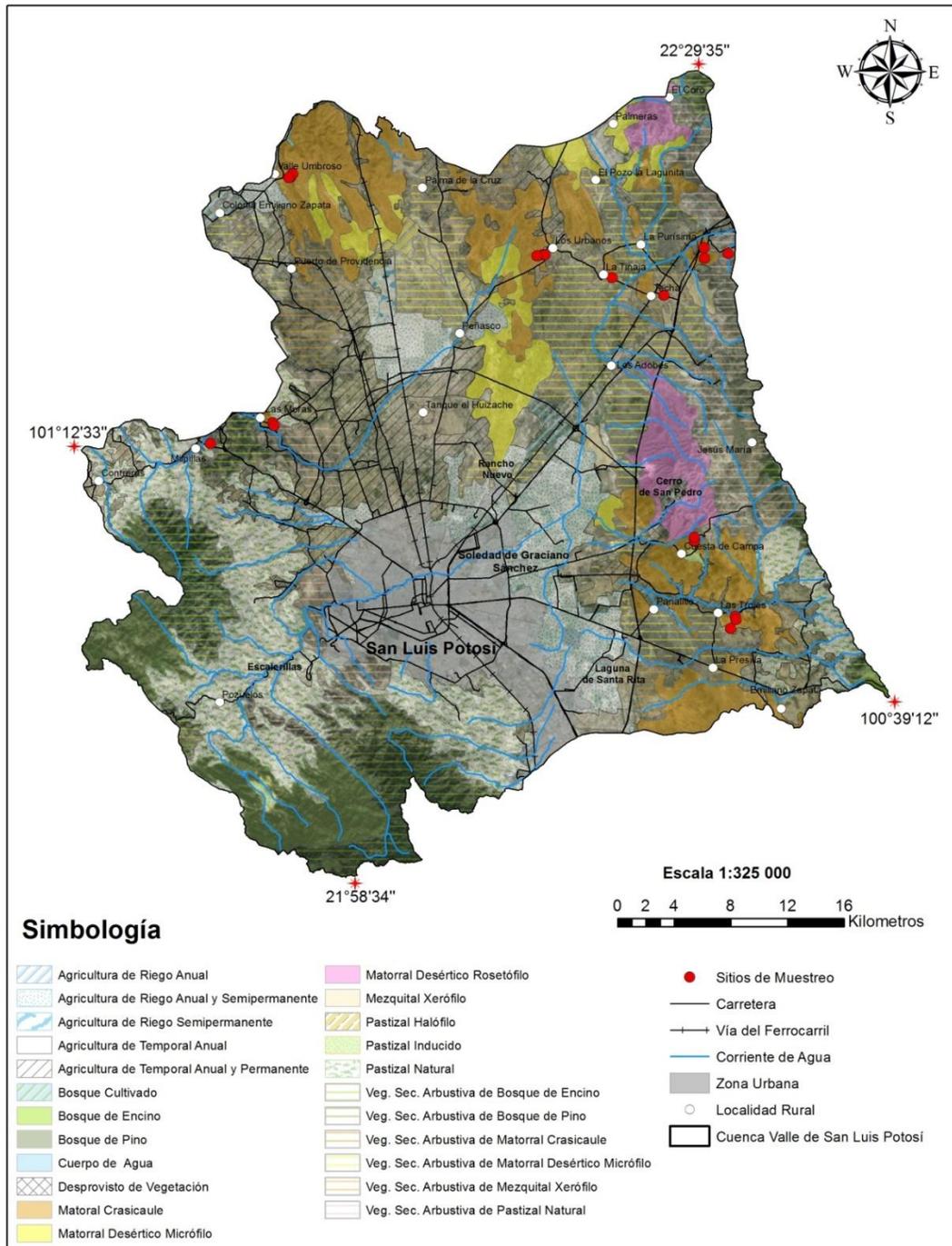


Figura 2. Mapa de vegetación del valle de San Luis Potosí. Con un punto rojo se señalan los sitios de muestreo para obtener información sobre la estructura y composición florística de las nopaleras (Elaboró J. Ramírez P.).

La recopilación de información en campo se hizo considerando tres estratos, herbáceo, arbustivo y arborescente, en ocasiones se identificaron subestratos (subarbustivo o herbáceo rasante). El muestreo se realizó utilizando el método de cuadrantes centrados en un punto, propuesto por Cottam y Curtis (1956). Para implementarlo, se trazó una línea perpendicular a la pendiente, utilizando un cordel de 50 m que se fijó con estacas en ambos extremos. A continuación, se seleccionó el primer punto y se marcó sobre el cordel utilizando una pieza metálica. A partir del punto seleccionado, se proyectó una línea imaginaria transversal al cordel para trazar cuatro cuadrantes con ángulos de 90°. Los cuadrantes se numeraron en el sentido de las manecillas del reloj. Se registró fecha, localidad, sitio, orientación, coordenadas geográficas, altitud, punto de muestreo, cuadrante y estrato. Se anotó el nombre científico de la planta más cercana al punto central en cada cuadrante. En seguida, se procedió a anotar la distancia de la planta al punto, diámetro basal, diámetro de la parte aérea y altura de cada uno de los individuos. Cuando fue imposible identificar el ejemplar en campo, se le dio un nombre provisional y se recolectó una muestra botánica para su posterior identificación. Adicionalmente, se recolectaron muestras para herbario, en áreas cercanas al punto de muestreo, de especies que no fueron registradas en los cuadrantes. El siguiente punto se seleccionó procurando que quedara cercano al anterior, pero evitando que se midiera dos veces la misma planta. El procedimiento se repitió hasta que la especie más frecuente fue registrada al menos quince veces. Después de concluir el estrato herbáceo se repitió el procedimiento para el estrato arbustivo y el arborescente, usando la línea previamente trazada. El proceso se repitió en dos líneas más en cada sitio de muestreo. La información recabada se capturó en una tabla de Microsoft Access y se analizó usando Microsoft Excel y el software libre R. Los especímenes recolectados fueron identificados por taxónomos expertos del Herbario de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ) y del Herbario Isidro Palacios del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (SLPM). Se depositó una copia de los ejemplares de herbario en ambas instituciones.

4.3 Análisis de información

Para los inventarios estructurales cuantitativos se describieron las características de la vegetación de cada una de las localidades, estimando la frecuencia, la densidad, el área basal, la cobertura aérea y el valor de importancia de las especies, mediante fórmulas convencionales (Franco, *et al.* 1985; Cox, 1972; Krebs, 1989, Smith y Smith, 2007).

Estructura vertical: Para definir la estructura vertical de la nopalera, se usó la altura de la planta. Se determinó el intervalo de clase y se generó un histograma.

Frecuencia: La frecuencia absoluta se refiere al número de cuadrantes en los que aparece una especie en un estrato y en una línea determinada. Para calcularla se usó la siguiente fórmula:

$$F = \frac{n}{N}$$

En donde n es igual al número de cuadrantes en los que se registró una especie y N es el número total de cuadrantes.

La frecuencia relativa es el resultado de dividir la frecuencia absoluta de una especie entre la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies y multiplicar el resultado por 100.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{valor de frecuencia para una especies}}{\text{valor de frecuencia total para todas las especies}} \times 100$$

Densidad: La densidad absoluta se refiere al número de individuos de una especie por unidad de espacio total. Para calcularla, primero se obtuvo el número de individuos por hectárea de todas las especies de un estrato en un sitio determinado, usando la siguiente formula

$$\text{DENSha} = \frac{10,000}{\bar{D}^2}$$

En donde \bar{D} es igual al promedio de las distancias de las plantas al punto en un estrato y línea determinada. Para obtener la densidad absoluta de las especies, se multiplicó el valor que se obtuvo por la frecuencia absoluta de cada una de ellas. En este trabajo, la densidad se expresa en número de individuos por hectárea.

La densidad relativa se calculó dividiendo la densidad absoluta de una especie entre la suma de la densidad absoluta de todas las especies y multiplicando el resultado por 100.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta de una especie}}{\text{Suma de la densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Área basal: Para obtener el área basal absoluta por hectárea, de cada una de las especies se usó la siguiente fórmula

$$\text{ABAha} = \pi \left(\frac{\bar{D}^2}{4} \right) \times Dh$$

Donde \bar{D} representa el promedio del diámetro basal de cada una de las especies en un sitio y estrato determinado y Dh es igual a la densidad por hectárea de esa especie. El área basal se expresa en m² por hectárea.

El área basal relativa se obtuvo dividiendo el área basal absoluta de una especie entre la sumatoria del área basal absoluta de todas las especies, y multiplicando el resultado por 100.

$$\text{ABAR} = \frac{\text{Área basal absoluta de una especie}}{\text{Sumatoria del área basal absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Cobertura aérea: Para obtener la cobertura aérea absoluta de las especies se usó la siguiente fórmula

$$\text{CAEha} = \pi \left(\frac{\bar{D}^2}{4} \right) \times Dh$$

Donde \bar{D} representa el promedio del diámetro de la parte aérea de cada una de las especies en un sitio y estrato determinado y Dh es igual a la densidad por hectárea de esa especie. La cobertura aérea se expresa en m² por hectárea.

La cobertura aérea relativa se obtuvo dividiendo la cobertura absoluta de una especie entre la suma de la cobertura absoluta de todas las especies y multiplicando el resultado por 100.

$$CAER = \frac{\text{Cobertura aérea absoluta de una especie}}{\text{Sumatoria de la cobertura aérea absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Valor de importancia: El índice de valor de importancia refleja la importancia ecológica de las especies y se calcula sumando los valores relativos de frecuencia, densidad, área basal y cobertura aérea (Cox, 1972).

4.4. Influencia de la exposición cardinal

Para detectar las diferencias estadísticas significativas en los atributos estructurales de las nopaleras estudiadas con base en la exposición cardinal de los sitios, se realizaron pruebas de ANOVA de una vía (Hammer, *et al.*, 2005). Para ello, los sitios se agruparon con base en su exposición y se determinó para cada uno de ellos, la riqueza de especies de árboles y arbustos (RE) y los valores totales absolutos de densidad (DENS), área basal (ABA) y cobertura aérea (CAE) de los estratos herbáceo, arbustivo y arborescente.

4.5. Ordenación de los sitios de muestreo

Para la ordenación de los sitios de muestreo se recurrió al análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) considerando las diez variables del párrafo anterior: riqueza de especies (RE), y los valores totales absolutos de densidad (DEN), área basal (ABA) y cobertura aérea (CAE) de los estratos herbáceo, arbustivo y arborescente. Dado que las variables no se presentan con unidades de medida iguales, fue necesario aplicar el método PCA a los datos estandarizados o tipificados (valores Z), para calcular los eigenvalores y eigenvectores de la matriz de correlación (Johnson, 2000). Los valores Z se calcularon con base en la siguiente ecuación

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

Donde X es igual al valor observado en un sitio, \bar{X} es igual al promedio de los valores observados en todos los sitios y S es igual a la desviación estándar. Posteriormente se aplicó el método PCA

4.6 Clasificación de los sitios de muestreo

Análisis de agrupamiento. Para el análisis de agrupamiento de los sitios de muestreo se usaron datos de presencia - ausencia de cada una de las especies en los sitios muestreados. Para estimar la distancia entre los sitios de muestreo se usó el índice de disimilitud de Jaccard con base en la siguiente formula

$$Ij = 1 - \left(\frac{C}{A + B - C} \right)$$

Donde A es igual al número de especies en el sitio a; B es igual al número de especies en el sitio b y C es el número de especies que están presentes tanto en a como b. Para agrupar los sitios se usó el método de la media aritmética sin ponderar (UPGMA por sus siglas en ingles). Para la representación gráfica de los resultados se elaboró un dendrograma.

Los sitios de muestreo también se agruparon usando el índice de valor de importancia de cada una de las especies en los sitios muestreados. En este caso, se usó el índice de disimilitud de Bray-Curtis para estimar la distancia entre los sitios de muestreo con base en la siguiente formula

$$B = \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^s [X_{ij} + X_{ik}]}$$

Donde B = medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k; X es igual al valor de importancia de la especie i en el sitio j; X es igual al valor de importancia de la especie i en el sitio k y S es igual al número de especies. Para agrupar los sitios de muestreo se usó el método de enlace simple o el vecino más cercano. Para la representación gráfica de los resultados se elaboró un dendrograma.

4.7. Composición florística: El catálogo de especies de la flora vascular que se encontró en las nopaleras del valle de San Luis Potosí se elaboró con base en los taxones registrados en los cuadrantes centrados en un punto y los recolectados en el área de los sitios de muestreo. Las especies se clasificaron por familias, origen geográfico, forma

biológica y situación de riesgo con base en la NOM-059 SEMARNAT 2010 (Anónimo, 2010) y en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza versión 3.1 (IUCN por sus siglas en inglés). Se destacaron también, las clasificadas como especies invasoras.

4.8. Análisis del deterioro

Con base en el análisis de información, el ordenamiento, y la composición florística de los sitios, se eligieron los criterios para determinar el grado de deterioro de las nopaleras estudiadas.

V. RESULTADOS

5.1. Estructura

5.1.1. Inventarios estructurales cuantitativos

5.1.1.1. Nopaleras de exposición cenital

Las nopaleras que se desarrollan en superficies planas, se identificaron como nopaleras de exposición cenital. Las cuatro localidades con este tipo de comunidades vegetales, son diferentes en su hábitat. Las localidades que se ubican a menor altitud, se localizan al norte del valle, al pie de la ladera de un cerro cerca de Los Urbanos, municipio de San Luis Potosí (URBAC); en una planicie cerca de Techa, municipio de Soledad de Graciano Sánchez (TEHC), o en la cima aplanada en forma de mesa de un cerro cercano a Valle Umbroso, municipio de Mexquitic (UMBRC, Figura 2). En dos de ellas, el sustrato geológico predominante son rocas de origen volcánico, únicamente en TEHC prevalecen rocas sedimentarias y depósitos aluviales del cuaternario (Moreira, *et al.* 1998). La localidad que se ubica a mayor altitud se localiza al este del valle, en la cima aplanada de un cerro de origen volcánico, cercano a Las Trojes, municipio de Zaragoza (TROJC, Cuadro 2, Figura 2). La pendiente varía de 0° (TEHC) a 7.25° (TROJC; Cuadro 2).

Con respecto a la estructura de la vegetación, en los Cuadros 3 y 4 se presentan con detalle, los principales atributos estructurales de las cuatro comunidades con exposición cenital. Con respecto a las dos localidades cenitales con menor altitud (1863-1882 m), en TEHC únicamente se registró la existencia de un estrato herbáceo rasante con siete especies; en el que a *Bouteloua stolonifera* le corresponden los valores más altos de frecuencia (0.60), densidad absoluta (357,776.42 individuos/ha), área basal (181.29

m²/ha) y valor de importancia (193.54); seguido de *Aphanostephus ramosissimus* (0.23; 134,166; 69.06 y 111.8, respectivamente; Cuadro 3), a esta especie le corresponde también el valor más alto de cobertura aérea (1,780.82 m²/ha). En el estrato arbustivo, con 15 especies, a *Dalea bicolor* le corresponde los valores más altos de frecuencia (0.21) y densidad absoluta (898 individuos/ha); en orden descendente sigue *Jatropha dioica* (con 0.16 y 687; respectivamente); el valor más alto de área basal y cobertura aérea le corresponde a *Opuntia microdasys* (664 m²/ha en ambos casos), así como, el mayor valor de importancia (113.49, Cuadro 3). En el estrato arborescente, con ocho especies, a *Prosopis laevigata* le corresponden los valores más altos de frecuencia (0.58); densidad (122 individuos/ha), área basal (6.94 m²/ha) y cobertura aérea absoluta (498.63 m²/ha) y valor de importancia (223.85); en segundo lugar, se ubica *Opuntia streptacantha* (0.36; 75.6; 7.07; 300.61 y 156.38 respectivamente, Cuadro 3).

En URBAC, se registró un estrato herbáceo rasante con 11 especies, a *Scleropogon brevifolius* le correspondieron los valores más altos de frecuencia (0.18), densidad (34,434.78 individuo/ha), área basal (91.29 m²/ha) y cobertura aérea absoluta (164.54 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (73.85); en orden descendente sigue *Drymaria arenarioides* (con 0.12; 22,382.61; 8.51; 121.4 y 28.95, respectivamente; Cuadro 3). Además del estrato rasante, se observó un estrato herbáceo con ocho especies, en el cual, a *Euphrosyne partheniifolia* le correspondieron los valores más altos de frecuencia (0.17), densidad (32,713 individuos/ha), área basal (22.36 m²/ha) y cobertura aérea absoluta (2,343.28 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (90.78; Cuadro 3). En el estrato arbustivo, con siete especies, a *Jatropha dioica* le correspondieron los mayores valores de frecuencia (0.45) y densidad (4,678.38 individuos/ha); así como el mayor valor de importancia (117.40); seguido de *Mimosa aculeaticarpa* (con 0.23; 2,339, 19.87 y 115.85, respectivamente), a esta especie le correspondió el mayor valor de cobertura aérea absoluta (1,164.08 m²/ha); en tanto que a *Opuntia rastrera*, le correspondió el valor más alto de área basal absoluta (22.36 m²/ha, Cuadro 3). En el estrato arborescente, con cinco especies, a *Prosopis glandulosa* le correspondieron los mayores valores de frecuencia (0.47), densidad (254.14 individuos/ha) y área basal absoluta (15.10 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (179.27); seguido de *Opuntia leucotricha* (0.22; 118.6; 6.94 y 72.15, respectivamente, Cuadro 3). *Prosopis laevigata* registró el valor más alto de cobertura aérea absoluta (2,012.67 m²/ha) y un valor mayor de área basal (9.31 m²/ha, Cuadro 3) que *O. leucotricha*.

Cuadro 3. Atributos estructurales en nopaleras con exposición cenital, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: Techa (TECHC) y Los Urbanos (URBAC). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM); el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE TECHC	FRE URBAC	DEN TECHC	DEN URBAC	ABA TECHC	ABA URBAC	CAE TECHC	CAE URBAC	VAIM TECHC	VAIM URBAC
Herbáceo	1.00	1.00	596,294.03	192,834.79	361.91	262.75	3,731.15	4,846.98	399.96	399.89
Apra	0.23	0.00	134,166.16	0.00	69.06	0.00	1,780.82	0.00	111.8	0.00
Baab	0.00	0.10	0.00	18,939.13	0.00	31.07	0.00	334.68	0.00	38.37
Boar	0.00	0.04	0.00	8,608.70	0.00	1.14	0.00	7.82	0.00	9.52
Bocu	0.03	0.00	14,907.35	0.00	42.15	0.00	117.08	0.00	19.78	0.00
Bosi	0.00	0.07	0.00	13,773.91	0.00	1.13	0.00	6.76	0.00	14.83
Bost	0.60	0.00	357,776.42	0.00	181.29	0.00	874.92	0.00	193.54	0.00
Ceco	0.00	0.03	0.00	5,165.22	0.00	2.20	0.00	28.15	0.00	6.77
Cysp	0.00	0.02	0.00	3,443.48	0.00	5.48	0.00	42.26	0.00	6.52
Dapu	0.00	0.01	0.00	1,721.74	0.00	0.14	0.00	4.87	0.00	1.93
Diar	0.00	0.03	0.00	5,165.22	0.00	4.50	0.00	7.61	0.00	7.22
Dide	0.00	0.01	0.00	1,721.74	0.00	0.14	0.00	43.81	0.00	2.74
Drar	0.00	0.12	0.00	22,382.61	0.00	8.51	0.00	121.40	0.00	28.95
Drla	0.00	0.08	0.00	15,495.65	0.00	26.54	0.00	96.18	0.00	28.15
Eupa	0.00	0.17	0.00	32,713.04	0.00	22.36	0.00	2,343.28	0.00	90.78
Eval	0.00	0.05	0.00	10,330.44	0.00	10.93	0.00	613.58	0.00	27.53
Laso	0.03	0.01	14,907.35	1,721.74	10.54	2.16	674.39	156.32	25.98	5.83
Paob	0.03	0.00	14,907.35	0.00	10.54	0.00	18.73	0.00	8.41	0.00
Pool	0.00	0.02	0.00	3,443.48	0.00	0.61	0.00	24.41	0.00	4.30
Psin	0.03	0.00	14,907.35	0.00	29.27	0.00	1.17	0.00	13.11	0.00
Saka	0.00	0.01	0.00	1,721.74	0.00	0.54	0.00	16.36	0.00	2.32
Scbr	0.00	0.18	0.00	34,434.78	0.00	91.29	0.00	164.54	0.00	73.85
Sema	0.00	0.04	0.00	6,886.96	0.00	48.82	0.00	801.75	0.00	42.26
Siab	0.08	0.01	44,722.05	1,721.74	19.07	3.38	264.03	3.38	27.34	3.14

Soel	0.00	0.02	0.00	3,443.48	0.00	1.83	0.00	29.82	0.00	4.88
Arbustivo	1.00	1.00	4,225.48	10,396.41	748.94	72.65	2,966.83	2,675.93	399.94	400.06
Acco	0.06	0.03	264.09	259.91	5.44	0.73	250.98	32.66	21.68	7.32
Agsa	0.04	0.03	158.46	259.91	4.49	12.76	33.26	130.65	9.22	27.44
Cyim	0.05	0.05	211.27	519.82	8.93	1.72	424.79	188.78	25.51	19.42
Cyle	0.10	0.10	422.55	1,039.64	0.28	8.66	96.41	68.67	23.28	34.48
Dabi	0.21	0.00	897.91	0.00	6.32	0.00	302.56	0.00	53.54	0.00
Ecci	0.06	0.00	264.09	0.00	11.95	0.00	28.40	0.00	15.05	0.00
Fela	0.03	0.00	105.64	0.00	1.30	0.00	3.15	0.00	5.27	0.00
Jadi	0.16	0.45	686.64	4,678.38	4.29	6.54	108.72	492.21	36.73	117.40
Lybe	0.01	0.00	52.82	0.00	1.66	0.00	134.41	0.00	7.25	0.00
Miac	0.03	0.23	105.64	2,339.19	1.10	19.87	186.68	1,164.08	11.43	115.85
Opca	0.10	0.00	422.55	0.00	15.92	0.00	325.92	0.00	33.11	0.00
Opmi	0.01	0.00	52.82	0.00	663.74	0.00	663.74	0.00	113.49	0.00
Opra	0.03	0.13	105.64	1,299.55	10.16	22.36	138.07	598.88	11.01	78.15
Opro	0.06	0.00	264.09	0.00	12.55	0.00	204.94	0.00	21.08	0.00
Pain	0.05	0.00	211.27	0.00	0.81	0.00	64.82	0.00	12.29	0.00
Arborescente	1.00	1.00	209.37	542.17	14.75	34.70	829.20	4,303.36	399.98	399.98
Acsc	0.03	0.00	5.82	0.00	0.18	0.00	11.69	0.00	8.20	0.00
Myge	0.00	0.13	0.00	67.77	0.00	1.72	0.00	62.08	0.00	31.41
Ophy	0.00	0.03	0.00	16.94	0.00	1.63	0.00	58.68	0.00	12.31
Ople	0.00	0.22	0.00	118.60	0.00	6.94	0.00	361.50	0.00	72.15
Opme	0.03	0.00	5.82	0.00	0.56	0.00	18.27	0.00	11.55	0.00
Opst	0.36	0.00	75.60	0.00	7.07	0.00	300.61	0.00	156.38	0.00
Prgl	0.00	0.47	0.00	254.14	0.00	15.10	0.00	1,808.43	0.00	179.27
Prla	0.58	0.16	122.13	84.71	6.94	9.31	498.63	2,012.67	223.85	104.84
TOTAL	3.00	3.00	600,728.88	203,773.37	1,125.6	370.1	7,527.18	11,826.27	1,199.88	1,199.93

Con respecto a las dos localidades cenitales con mayor altitud (1910-2031 m), en TROJC, únicamente se registró la presencia de un estrato herbáceo rasante, con 15 especies, en el que *Aristida adscensionis* registró los valores más altos de frecuencia (0.24), densidad (126,769.67 individuos/ha) y área basal absoluta (74.75 m²/ha); así como, el mayor valor de importancia (73.95); en orden descendente le sigue *Dasyochloa pulchella* (con 0.14; 73,392.97; 61.64 y 25.8, respectivamente) y *Erioneuron avenaceum* (con 0.13; 66,720.88; 44.07 y 38.8, respectivamente); *Sida abutifolia* registró el mayor valor de cobertura aérea absoluta (2,326.17 m²/ha, Cuadro 4) en este estrato. En el estrato arbustivo, con siete especies, *Jatropha dioica* registró únicamente el valor más alto de frecuencia (0.27); a *Salvia ballotiflora* le correspondió el valor más alto de densidad absoluta (1,194.88 individuos/ha) y mayor valor de importancia (83.65); a *Opuntia rastrera* el valor más alto de área basal absoluta (83.65 m²/ha) y *Mimosa aculeaticarpa* el valor más alto de cobertura aérea absoluta (798.20 m²/ha, Cuadro 4). En el estrato arborescente, de cuatro especies, *Opuntia megacantha* registró los valores más altos de frecuencia (0.80), densidad (47.98 individuos/ha), área basal (2.79 m²/ha) y cobertura aérea absoluta (167.79 m²/ha), así como el mayor valor de importancia (259.45, Cuadro 4).

En el estrato herbáceo de UMBRC, con once especies, *Melinis repens* registró los valores más altos de frecuencia (0.33), densidad (81,455.94 individuos/ha), área basal (126.12 m²/ha) y cobertura aérea absoluta (2,049.83 m²/ha); así como, el mayor valor de importancia (153.27); el segundo lugar le corresponde a *Aristida adscensionis* (0.15; 35,636.97; 6.9; 752.8 y 47.45, respectivamente, Cuadro 4). En el estrato arbustivo, con 14 especies, a *Jatropha dioica* le corresponden los valores más altos de frecuencia (0.31), densidad (4,114.88 individuos/ha) y área basal absoluta (81.7 m²/ha), así como, el mayor valor de importancia (100.47); el segundo lugar lo ocupa *Mimosa aculeaticarpa* (con 0.23; 3,017.58; 54.76 y 93.73, respectivamente), estas especies registran el valor más alto de cobertura aérea absoluta (1,843.68 m²/ha, cuadro 4). En el estrato arborescente, con cuatro especies, a *Opuntia leucotricha* le corresponden los valores absolutos más altos de frecuencia (0.71), densidad (578.36 individuos/ha) y área basal (28.85 m²/ha), así como el mayor valor de importancia (239.91); el segundo lugar lo ocupa *Prosopis laevigata* (con 0.21, 173.51, 24.85 y 143.83, respectivamente), estas especies registra el mayor valor de cobertura aérea absoluta (1169.89 m²/ha; Cuadro 4).

Así, en lo que se refiere a las cuatro localidades con exposición cenital, la suma de los valores registrados en los tres estratos indica que la densidad absoluta varió de

203,773.37 (URBAC) a 600,728.88 (TECHC) individuos/ha; el área basal en m²/ha varió de 370.1 (URBAC) a 1,125.6 (TECHC) y la cobertura aérea en m²/ha de 7,527.18 (TECHC) a 12,873.47 (UMBRC; Cuadros 3 y 4).

La densidad absoluta total en el estrato herbáceo varió de 192,834.79 (URBAC) a 596,294.03 (TECHC) individuos/ha; el área basal absoluta de 262.75 (URBAC) a 428.72 (TROJC) m²/ha y la cobertura aérea absoluta total de 3,731.15 (TECHC) a 6,874.88 (TROJC) m²/ha. En el estrato arbustivo, la densidad varió de 4,024.85 (TROJC) a 13,167.70 (UMBRC) individuos/ha; el área basal de 72.65 (URBAC) a 748.94 (TECHC) m²/ha y la cobertura aérea varió de 2,012.22 (TROJC) a 6,016.97 (UMBRC) m²/ha. En el estrato arborescente, la densidad varió de 59.98 (TROJC) a 809.79 (UMBRC) individuos/ha; el área basal absoluta de 6.34 (TROJC) a 54 (UMBRC) m²/ha y la cobertura aérea absoluta total varió de 302.4 (TROJC) a 4,303.36 (URBAC) m²/ha.

Considerando únicamente las especies de *Opuntia* arborescentes, la densidad varió de 50.98 (TROJC) a 607.28 (UMBRC) individuos/ha, el área basal de 3.03 (TROJC) a 29.08 (UMBRC) m²/ha y la cobertura aérea de 175.34 (TROJC) a 947.28 (UMBRC) m²/ha. La densidad de nopales fue casi 12 veces mayor en UMBRC que en TROJC; el área basal nueve y la cobertura aérea cinco veces (Cuadros 3 y 4).

Considerando únicamente las especies de *Prosopis*, la densidad varió de tres (TROJC) a 338.85 (URBAC) individuos/ha, el área basal varió de 0.66 (TROJC) a 24.85 (UMBRC) m²/ha y la cobertura aérea de 112.14 (TROJC) a 3,821.1 (URBAC) m²/ha. La densidad de mezquites fue 113 veces mayor en las nopaleras de exposición cenital de Los Urbanos, municipio de San Luis Potosí (URBAC) que en la ubicada cerca de Las Trojes, municipio de Zaragoza (TROJC) (Cuadros 3 y 4).

En resumen, en las nopaleras que ocupan terrenos planos o de exposición cenital, las especies con el índice de valor de importancia más alto son: en el estrato herbáceo rasante, *Bouteloua stolonifera* (193.54), *Melinis repens* (153.27), *Aphanostephus ramosissimus* (111.18), *Sida abutifolia* (52.28), *Dasyochloa pulchella* (48.13), *Dichondra argentea* (44.84) y *Drymaria arenarioides* (32.29); en el herbáceo *Euphrosyne partheniifolia* (90.78) y *Aristida adscensionis* (73.95); en el estrato arbustivo, *Jatropha dioica* (117.40), *Mimosa aculeaticarpa* (115.85), *Salvia ballotiflora* (83.65), *Opuntia rastrera* (78.15), *Dalea bicolor* (53.54) y *Cylindropuntia leptocaulis* (34.48) y en el arborescente *Opuntia megacantha* (259.45), *Opuntia leucotricha* (239.91), *Prosopis*

laevigata (223.85), *Prosopis glandulosa* (179.27), *Opuntia streptacantha* (156.38) y *Myrtillocactus geometrizans* (31.41).

Cuadro 4. Atributos estructurales en nopaleras con exposición cenital, en dos localidades del valle de San Luis Potosí: Las Trojes (TROJC) y Valle umbroso (UMBRC). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM); el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE TROJC	FRE UMBRC	DEN TROJC	DEN UMBRC	ABA TROJC	ABA UMBRC	CAE TROJC	CAE UMBRC	VAIM TROJC	VAIM UMBRC
Herbáceo	1.00	1.00	533,767.02	244,367.82	428.72	291.57	6,874.88	4,728.21	399.93	399.94
Acph	0.04	0.00	20,016.26	0.00	29.47	0.00	353.72	0.00	19.52	0.00
Apra	0.09	0.00	46,704.61	0.00	58.69	0.00	858.68	0.00	43.67	0.00
Arad	0.24	0.15	126,769.67	35,636.97	74.75	6.90	619.81	752.80	73.95	47.45
Ardi	0.00	0.04	0.00	10,181.99	0.00	28.79	0.00	336.07	0.00	25.31
Bocu	0.00	0.04	0.00	10,181.99	0.00	44.98	0.00	441.63	0.00	33.10
Dapu	0.14	0.08	73,392.97	20,363.99	61.64	22.49	430.30	67.57	48.13	25.80
Diar	0.10	0.13	53,376.70	30,545.98	67.08	44.98	881.41	208.84	48.46	44.84
Drar	0.00	0.10	0.00	25,454.98	0.00	11.52	0.00	449.83	0.00	34.29
Erav	0.13	0.00	66,720.88	0.00	44.07	0.00	242.31	0.00	38.80	0.00
Eupr	0.03	0.04	13,344.18	10,181.99	6.55	1.80	177.12	156.74	9.10	12.26
Eval	0.00	0.02	0.00	5,091.00	0.00	0.40	0.00	48.38	0.00	5.32
Horu	0.01	0.00	6,672.09	0.00	18.86	0.00	18.86	0.00	7.17	0.00
Mere	0.00	0.33	0.00	81,455.94	0.00	126.12	0.00	2,049.83	0.00	153.27
Meco	0.01	0.00	6,672.09	0.00	0.52	0.00	33.54	0.00	3.11	0.00
Miku	0.08	0.00	40,032.53	0.00	14.81	0.00	168.93	0.00	20.91	0.00
Plli	0.03	0.00	13,344.18	0.00	6.55	0.00	37.73	0.00	7.07	0.00
Psin	0.01	0.00	6,672.09	0.00	4.72	0.00	13.10	0.00	3.79	0.00
Sema	0.00	0.04	0.00	10,181.99	0.00	3.20	0.00	168.14	0.00	12.98
Siab	0.08	0.00	40,032.53	0.00	14.81	0.00	2,326.17	0.00	52.28	0.00
Tafr	0.01	0.00	6,672.09	0.00	0.01	0.00	4.72	0.00	2.56	0.00
Trne	0.00	0.02	0.00	5,091.00	0.00	0.40	0.00	48.38	0.00	5.32
Ziac	0.03	0.00	13,344.18	0.00	26.20	0.00	708.48	0.00	21.41	0.00

Arbustivo	1.00	1.00	4,024.85	13,167.60	245.44	317.24	2,012.22	6,016.97	399.96	399.92
Acco	0.00	0.04	0.00	548.65	0.00	8.45	0.00	388.90	0.00	17.45
Agsa	0.05	0.00	188.66	0.00	6.53	0.00	61.26	0.00	15.08	0.00
Brve	0.00	0.04	0.00	548.65	0.00	26.93	0.00	430.91	0.00	23.98
Caer	0.00	0.04	0.00	548.65	0.00	1.55	0.00	68.95	0.00	9.96
Cofa	0.00	0.06	0.00	822.98	0.00	38.17	0.00	1,321.75	0.00	46.49
Cyim	0.02	0.02	62.89	274.33	20.87	8.62	0.83	137.89	11.66	9.17
Dabi	0.00	0.04	0.00	548.65	0.00	1.30	0.00	13.20	0.00	8.96
Ecci	0.00	0.02	0.00	274.33	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	7.02
Gygl	0.00	0.02	0.00	274.33	0.00	2.15	0.00	105.57	0.00	6.60
Jadi	0.27	0.31	1,069.10	4,114.88	35.29	81.70	131.01	735.33	74.01	100.47
Latr	0.00	0.02	0.00	274.33	0.00	2.15	0.00	215.45	0.00	8.42
Miac	0.14	0.23	565.99	3,017.58	35.35	54.76	798.20	1,843.68	82.19	93.73
Opca	0.00	0.02	0.00	274.33	0.00	2.15	0.00	6.23	0.00	4.94
Open	0.13	0.00	503.11	0.00	43.29	0.00	325.78	0.00	58.82	0.00
Opra	0.08	0.08	314.44	1,097.30	83.65	77.56	332.31	737.39	66.22	53.37
Pain	0.03	0.00	125.78	0.00	1.80	0.00	27.23	0.00	8.33	0.00
Saba	0.30	0.00	1,194.88	0.00	18.66	0.00	335.60	0.00	83.65	0.00
Stmu	0.00	0.04	0.00	548.65	0.00	3.11	0.00	3.11	0.00	9.36
Arborescente	1.00	1.00	59.98	809.70	6.34	54.00	302.40	2,128.29	399.97	399.97
Myge	0.00	0.04	0.00	28.92	0.00	0.08	0.00	11.13	0.00	7.81
Ople	0.00	0.71	0.00	578.36	0.00	28.85	0.00	928.88	0.00	239.91
Opme	0.80	0.00	47.98	0.00	2.79	0.00	167.79	0.00	259.45	0.00
Opst	0.05	0.04	3.00	28.92	0.24	0.23	7.55	18.40	16.29	8.42
Prla	0.05	0.21	3.00	173.51	0.66	24.85	112.14	1,169.89	57.51	143.83
Yude	0.10	0.00	6.00	0.00	2.65	0.00	14.93	0.00	66.72	0.00
	3.00	3.00	537,851.85	258,345.13	680.50	662.81	9,189.50	12,873.47	1,199.86	1,199.83

5.1.1.2. Nopaleras de exposición sur

Las ocho nopaleras que se desarrollan en laderas expuestas al sur también muestran algunas diferencias en su hábitat. Las localidades que se ubican al oriente y al occidente del valle se encuentran a mayor altitud que las que se localizan al norte. Los sitios de muestreo del municipio Cerro de San Pedro (SAPES) y La Trojes, municipio de Zaragoza (TROJS) y Mexquitic de Damián Carmona (SFERS) y Los Vanegas, municipio de Mexquitic (VANES) se ubican entre 2014 y 2117 m. En contraste, La Tinaja (TINAS) y Ventura (VENTS) municipio de Soledad de Graciano Sánchez; Valle Umbroso (UMBRs), municipio de Mexquitic y Los Urbanos (URBAS), municipio de San Luis Potosí se ubican entre 1850 y 1896 m (Cuadro 2). La pendiente varía de 13.37° (UMBRs) a 35.72° (URBAS; Cuadro 2). Las rocas de origen volcánico predominan en el sustrato geológico de todas ellas (Moreira, *et al.* 1998).

Con respecto a la estructura de la vegetación, en los Cuadros 5, 6, 7 y 8 se presentan con detalle los principales atributos estructurales de las ocho nopaleras con exposición sur. Con respecto a las dos localidades sureñas con mayor altitud (2032-2103 m) (Cuadro 5), en SAPES, en el estrato rasante, con tres especies, *Dichondra argentea* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.29), densidad (19,654.51 individuos/ha), área basal (119.54 m²/ha) y cobertura aérea (142.26 m²/ha); así como, el mayor valor de importancia (96.53); en el estrato herbáceo con nueve especies, a *Bouteloua gracilis* le correspondieron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.21), densidad (13,758.16), área basal (91.66 m²/ha) y cobertura aérea (793.58 m²/ha), así como, el valor de importancia más alto (100.61); seguido por *Bouteloua curtipendula* (con 0.18; 11,792.71; 75.02; 352.19 y 70.68, respectivamente, Cuadro 5). En el estrato arbustivo, con seis especies, *Dalea bicolor* registró los valores más altos de frecuencia (0.71) y densidad (8,263); así como el mayor valor de importancia (178.93); aunque a *Trixis angustifolia* le correspondió el mayor valor de área basal (134.75 m²/ha) y cobertura aérea (2,787.3 m²/ha; Cuadro 5). En el estrato arborescente, con siete especies, *Opuntia leucotricha* registró los mayores valores absoluto de frecuencia (0.40), densidad (315.83 individuos/ha), área basal (15.26 m²/ha) y cobertura aérea (839.81 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (143.19; Cuadro 5).

En el estrato herbáceo de TROJS, con 10 especies, *Bouteloua gracilis* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.38), densidad (59,760 individuos/ha), área basal

(204.45 m²/ha) y cobertura aérea (2,957.01 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (155.43; Cuadro 5). En el estrato arbustivo, con 18 especies, *Rhus microfila* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.20), densidad (2,816 individuos/ha), área basal (84.96 m²/ha) y cobertura aérea (3,853 m²/ha); y el mayor valor de importancia (98.54, Cuadro 5). En el estrato arborescente, con cuatro especies, a *Opuntia megacantha* le correspondieron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.63), densidad (408.95 individuos/ha), área basal (23.41 m²/ha), cobertura aérea (1,184.02 m²/ha); y el mayor valor de importancia (238.32).

Cuadro 5. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del oriente del valle de San Luis Potosí: Cerro de San Pedro (SAPES) y las Trojes (TROJS). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM); el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE SAPES	FRE TROJS	DEN SAPES	DEN TROJS	ABA SAPES	ABA TROJS	CAE SAPES	CAE TROJS	VAIM SAPES	VAIM TROJS
Herbáceo	1.00	1.00	66,825.35	159,361.91	381.16	460.71	2,242.50	8,200.24	399.96	399.93
Acem	0.00	0.03	0.00	3,984.05	0.00	2.82	0.00	500.65	0.00	11.71
Amco	0.01	0.00	982.73	0.00	1.93	0.00	6.25	0.00	3.72	0.00
Ardi	0.01	0.00	982.73	0.00	1.23	0.00	13.04	0.00	3.84	0.00
Bocu	0.18	0.05	11,792.71	7,968.10	75.02	75.72	352.19	544.61	70.68	33.07
Boda	0.09	0.00	5,896.35	0.00	44.75	0.00	84.40	0.00	33.15	0.00
Bogr	0.21	0.38	13,758.16	59,760.72	91.66	204.45	793.58	2,957.01	100.61	155.43
Chbo	0.01	0.10	982.73	15,936.19	1.93	85.19	37.36	1,297.74	5.11	54.31
Chsi	0.01	0.00	982.73	0.00	2.78	0.00	48.24	0.00	5.82	0.00
Diar	0.29	0.00	19,654.51	0.00	119.54	0.00	142.26	0.00	96.53	0.00
Hepi	0.00	0.03	0.00	3,984.05	0.00	7.82	0.00	45.06	0.00	7.24
Ledu	0.00	0.13	0.00	19,920.24	0.00	42.30	0.00	1,279.72	0.00	49.78
Loca	0.00	0.05	0.00	7,968.10	0.00	1.41	0.00	490.64	0.00	16.28
Losp	0.00	0.05	0.00	7,968.10	0.00	5.63	0.00	62.58	0.00	11.98
Mere	0.01	0.00	982.73	0.00	2.78	0.00	192.96	0.00	12.27	0.00
Misp	0.01	0.00	982.73	0.00	4.94	0.00	17.37	0.00	5.01	0.00
Psin	0.12	0.00	7,861.81	0.00	33.63	0.00	548.33	0.00	56.80	0.00
Tafr	0.00	0.18	0.00	27,888.34	0.00	35.05	0.00	701.81	0.00	51.16
Trne	0.03	0.03	1,965.45	3,984.05	0.96	0.31	6.52	320.42	6.42	8.97
Arbustivo	1.00	1.00	11,666.33	14,079.99	217.52	405.73	7,514.70	10,247.53	399.96	436.89
Agsa	0.04	0.04	486.10	528.00	3.82	72.11	124.04	668.85	11.73	31.79
Algr	0.00	0.01	0.00	176.00	0.00	1.38	0.00	138.23	0.00	41.18
Bote	0.00	0.05	0.00	704.00	0.00	2.34	0.00	270.93	0.00	13.21

Busc	0.00	0.01	0.00	176.00	0.00	0.01	0.00	8.64	0.00	2.58
Caer	0.00	0.06	0.00	880.00	0.00	3.20	0.00	64.72	0.00	13.91
Ceeh	0.00	0.01	0.00	176.00	0.00	27.99	0.00	2,102.48	0.00	29.91
Dabi	0.71	0.03	8,263.65	352.00	25.27	42.05	1,927.77	135.47	178.93	16.68
Fehi	0.04	0.03	486.10	352.00	3.82	9.98	13.78	9.98	10.27	7.55
Fice	0.00	0.06	0.00	880.00	0.00	8.36	0.00	399.21	0.00	18.45
Jadi	0.00	0.16	0.00	2,288.00	0.00	6.64	0.00	148.02	0.00	35.58
Miac	0.04	0.06	486.10	880.00	46.77	2.66	2,600.72	636.96	64.44	19.37
Opro	0.00	0.03	0.00	352.00	0.00	38.88	0.00	176.93	0.00	16.30
Pain	0.00	0.03	0.00	352.00	0.00	0.25	0.00	24.88	0.00	5.30
Peme	0.04	0.03	486.10	352.00	3.09	3.98	61.08	55.98	10.56	6.52
Rhmi	0.00	0.20	0.00	2,816.00	0.00	84.96	0.00	3,853.63	0.00	98.54
Saba	0.00	0.08	0.00	1,056.00	0.00	25.98	0.00	599.23	0.00	27.25
Tran	0.13	0.01	1,458.29	176.00	134.75	0.88	2,787.30	41.81	124.03	3.12
Veor	0.00	0.11	0.00	1,584.00	0.00	74.07	0.00	911.58	0.00	49.65
Arborescente	1.00	1.00	797.89	654.31	44.56	42.53	2,818.83	2,031.93	399.97	399.98
Myge	0.08	0.25	66.49	163.58	0.82	12.99	79.01	545.19	21.30	107.37
Ophy	0.02	0.00	16.62	0.00	0.88	0.00	57.57	0.00	8.18	0.00
Opla	0.06	0.00	49.87	0.00	2.20	0.00	139.91	0.00	22.40	0.00
Ople	0.40	0.00	315.83	0.00	15.26	0.00	839.81	0.00	143.19	0.00
Opme	0.10	0.63	83.11	408.95	9.93	23.41	655.96	1,184.02	66.38	238.32
Opst	0.10	0.06	83.11	40.89	11.08	5.14	313.08	109.93	56.80	29.99
Prla	0.23	0.06	182.85	40.89	4.40	0.98	733.50	192.79	81.72	24.30
TOTAL	3	3	79,289.57	174,096.21	643.24	908.97	12,576.03	20,479.7	1,199.89	1,236.8

Con respecto a las dos primeras localidades sureñas con altitud intermedia (2032-2013 m) en SFERS, en el estrato herbáceo, con 13 especies, *Cheillanthes sinuata* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.33), densidad (39,094.26 individuos/ha), área basal (62.18 m²/ha), cobertura aérea (3,466.42 m²/ha); y el mayor valor de importancia (149.35), en el mismo estrato *Melinis repens* registró el mayor valor de área basal (66.32 m²/ha; Cuadro 6). En el estrato arbustivo, con seis especies, a *Verbesina oreopola* le correspondieron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.48), densidad (8,100.64 individuos/ha), área basal (166.97 m²/ha), cobertura aérea (3,831 m²/ha), y el mayor valor de importancia (177.04; Cuadro 6). En el estrato arborescente, con seis especies, a *Opuntia streptacantha* le correspondieron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.50), densidad (199 individuos/ha) y área basal (18.07 m²/ha), y también el mayor valor de importancia (182.61); en el mismo estrato, *Acacia schafnerii* registró el mayor valor de cobertura aérea (1,207.93 m²/ha; Cuadro 6).

En VANES, en el estrato herbáceo, con seis especies, *Melinis repens* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.65), densidad (98,029.97 individuos/ha) y área basal (683.2 m²/ha), así como, el mayor valor de importancia (256.98); en el mismo estrato, a *Digitaria californica* le correspondió el mayor valor de cobertura aérea absoluta (1,451 m²/ha; Cuadro 6). En el estrato arbustivo, con siete especies, *Mimosa aculeaticarpa* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.58), densidad (8,202.71 individuos/ha), cobertura aérea (8,819 m²/ha); y el mayor valor de importancia (197.35); en el mismo estrato, a *Opuntia robusta* le correspondió el mayor valor de área basal (171.56 m²/ha; Cuadro 6). En el estrato arborescente, con cuatro especies, *Opuntia leucotricha* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.66), densidad (306.38 individuos/ha), cobertura aérea (745.37 m²/ha); y el mayor valor de importancia (231.12); en el mismo estrato, a *Opuntia streptacantha* le correspondió el mayor valor de área basal (16.24 m²/ha; Cuadro 6).

Cuadro 6. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del occidente del valle de San Luis Potosí: San Fernando (SFERS) y Los Vanegas (VANES). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM); el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE SFERS	FRE VANES	DEN SFERS	DEN VANES	ÁRB SFERS	ÁRB VANES	COA SFERS	COA VANES	VAIM SFERS	VAIM VANES
Herbáceo	1.00	1.00	117,282.79	150,815.35	196.23	919.22	6,796.17	7,667.50	399.94	399.97
Bocu	0.00	0.08	0.00	11,311.15	0.00	43.53	0.00	1,069.68	0.00	33.68
Bogr	0.00	0.10	0.00	15,081.53	0.00	18.95	0.00	225.58	0.00	25.00
Chbo	0.00	0.08	0.00	11,311.15	0.00	107.49	0.00	647.63	0.00	35.14
Chmy	0.03	0.00	3,909.43	0.00	9.29	0.00	314.41	0.00	16.02	0.00
Chsi	0.33	0.00	39,094.26	0.00	62.18	0.00	3,466.42	0.00	149.35	0.00
Dica	0.00	0.03	0.00	3,770.38	0.00	58.04	0.00	1,451.01	0.00	30.23
Drla	0.03	0.00	3,909.43	0.00	0.69	0.00	155.44	0.00	9.30	0.00
Gika	0.02	0.00	1,954.71	0.00	0.15	0.00	30.09	0.00	3.85	0.00
Laso	0.15	0.00	17,592.42	0.00	20.91	0.00	310.88	0.00	45.22	0.00
Ledu	0.02	0.00	1,954.71	0.00	1.38	0.00	61.41	0.00	4.94	0.00
Mere	0.05	0.65	5,864.14	98,029.97	66.32	683.20	1,480.68	4,037.57	65.58	256.98
Misp	0.02	0.00	1,954.71	0.00	0.15	0.00	157.21	0.00	5.72	0.00
Nigl	0.02	0.00	1,954.71	0.00	3.84	0.00	34.54	0.00	5.79	0.00
Psin	0.25	0.00	29,320.70	0.00	24.62	0.00	253.89	0.00	66.28	0.00
Soni	0.03	0.00	3,909.43	0.00	2.76	0.00	314.41	0.00	12.70	0.00
Tafr	0.02	0.08	1,954.71	11,311.15	3.84	8.00	138.17	236.03	7.32	18.94
Trne	0.03	0.00	3,909.43	0.00	0.09	0.00	78.60	0.00	7.87	0.00
Arbustivo	1.00	1.00	17,053.99	14,265.59	373.12	377.84	10,272.22	13,240.19	399.96	399.97
Agsa	0.00	0.03	0.00	356.64	0.00	4.03	0.00	44.82	0.00	6.40
Agsp	0.00	0.08	0.00	1,069.92	0.00	8.40	0.00	680.65	0.00	22.36
Bote	0.03	0.00	426.35	0.00	0.03	0.00	41.02	0.00	5.40	0.00
Bufa	0.18	0.00	2,984.45	0.00	84.62	0.00	2,210.00	0.00	79.19	0.00

Fehi	0.00	0.08	0.00	1,069.92	0.00	115.04	0.00	153.21	0.00	46.60
Jadi	0.15	0.10	2,558.10	1,426.56	3.21	1.79	144.30	55.22	32.26	20.89
Miac	0.13	0.58	2,131.75	8,202.71	24.11	59.50	3,376.00	8,819.00	64.32	197.35
Opro	0.05	0.13	852.70	1,783.20	94.18	171.56	669.71	2,366.88	41.75	88.28
Tran	0.00	0.03	0.00	356.64	0.00	17.51	0.00	1,120.42	0.00	18.09
Veor	0.48	0.00	8,100.64	0.00	166.97	0.00	3,831.18	0.00	177.04	0.00
Arborescente	1.00	1.00	398.01	466.86	38.61	32.68	3,204.76	1,384.09	399.96	399.97
Acsc	0.13	0.00	49.75	0.00	8.27	0.00	1,207.93	0.00	84.10	0.00
Myge	0.15	0.09	59.70	43.77	2.37	0.36	334.27	21.08	46.57	21.38
Opla	0.05	0.00	19.90	0.00	3.17	0.00	140.67	0.00	22.58	0.00
Ople	0.13	0.66	49.75	306.38	6.25	15.04	260.09	745.37	49.31	231.12
Opst	0.50	0.22	199.00	102.13	18.07	16.24	1,147.86	571.81	182.61	134.76
Prgl	0.00	0.03	0.00	14.59	0.00	1.03	0.00	45.83	0.00	12.71
Prla	0.05	0.00	19.90	0.00	0.48	0.00	113.94	0.00	14.79	0.00
TOTAL	3	3	134,734.79	165,547.8	607.96	1,329.74	20,273.15	22,291.78	1,199.86	1,199.91

En lo que respecta a las localidades con orientación sur, con altitudes 1850-1896 m, en el estrato herbáceo de TINAS, con ocho especies, *Bouteloua curtipendula* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.40), densidad (58,383 individuos/ha), área basal (151.6 m²/ha) y cobertura aérea (1,372.36 m²/ha), y también, el mayor valor de importancia (163.79); en segundo lugar se ubicó *Bouteloua gracilis* (con 0.38; 54,734; 107.47; 1,086.78 y 137.35, respectivamente, Cuadro 7). En el estrato arbustivo, con nueve especies, *Mimosa aculeaticarpa* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (10,810.7 individuos/ha), área basal (104.61 m²/ha) y cobertura aérea (6,650.13 m²/ha) y también, el mayor valor de importancia (196.74), en segundo lugar se ubicó *Jatropha dioica* (con 0.33; 8,267; 31.09 y 79.52, respectivamente, Cuadro 7). En el estrato arborescente, con cuatro especies, *Myrtillocactus geometrizans* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.64), densidad (254.85 individuos/ha), área basal (2.74 m²/ha) y cobertura aérea (333.08 m²/ha) y en consecuencia, el mayor valor de importancia (177.96); en segundo lugar se ubicó *Opuntia leucotricha* (con 0.22; 88.64; 7.58; 301.2 y 125.04, respectivamente, Cuadro 7).

En el estrato herbáceo de VENTS, con nueve especies, *Bouteloua curtipendula* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.28), densidad (37,827.91 individuos/ha) y cobertura aérea (1,490.73 m²/ha), y el mayor valor de importancia (100.19); en segundo lugar se ubicó *Bouteloua gracilis* (con 0.21; 29,230.66; 1,423.4 y 89.18, respectivamente, Cuadro 7), esta especie registró el mayor valor de área basal (205.89 m²/ha). En el estrato arbustivo, con 12 especies, *Opuntia robusta* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.27), densidad (452.07 individuos/ha), área basal (127.4 m²/ha) y cobertura aérea (820.33 m²/ha); y en consecuencia, el mayor valor de importancia (157.49), en segundo lugar se ubicó *Mimosa aculeaticarpa* (con 0.20; 329.89; 7.05; 296.64 y 54.21, respectivamente, Cuadro 7). En el estrato arborescente, con ocho especies, *Opuntia tomentosa* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (65.99 individuos/ha), área basal (4.42 m²/ha) y cobertura aérea (271.81 m²/ha); y el mayor valor de importancia (148.16), en segundo lugar se ubicó *Opuntia leucotricha* (con 0.18; 27.17; 2.61; 183.22 y 74.66, respectivamente, Cuadro 7).

Cuadro 7. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: La Tinaja (TINAS) y Ventura (VENTS). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM) de las especies; el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE TINAS	FRE VENTS	DEN TINAS	DEN VENTS	ABA TINAS	ABA VENTS	COA TINAS	COA VENTS	VAIM TINAS	VAIM VENTS
Herbáceo	1.00	1.00	145,957.57	137,556.05	314.52	753.13	3,855.82	7,358.17	399.96	399.95
Apra	0.00	0.01	0.00	1,719.45	0.00	34.57	0.00	438.76	0.00	13.05
Bocu	0.40	0.28	58,383.03	37,827.91	151.60	187.77	1,372.36	1,490.73	163.79	100.19
Bogr	0.38	0.21	54,734.09	29,230.66	107.47	205.89	1,086.78	1,423.40	137.35	89.18
Cysp	0.08	0.00	10,946.82	0.00	38.25	0.00	211.92	0.00	32.65	0.00
Ersr	0.00	0.01	0.00	1,719.45	0.00	19.45	0.00	553.15	0.00	12.59
Ledu	0.03	0.16	3,648.94	22,352.86	10.32	75.09	257.93	1,425.98	14.96	61.84
Mere	0.00	0.04	0.00	5,158.35	0.00	8.84	0.00	433.21	0.00	14.56
Misp	0.03	0.00	3,648.94	0.00	2.58	0.00	580.34	0.00	20.87	0.00
Phph	0.00	0.04	0.00	5,158.35	0.00	35.27	0.00	208.76	0.00	15.01
Psin	0.00	0.24	0.00	32,669.56	0.00	177.62	0.00	975.67	0.00	84.34
Scpa	0.03	0.00	3,648.94	0.00	2.58	0.00	64.48	0.00	7.49	0.00
Siab	0.03	0.01	3,648.94	1,719.45	1.15	8.64	224.68	408.51	11.19	9.19
Tafr	0.05	0.00	7,297.88	0.00	0.57	0.00	57.32	0.00	11.66	0.00
Arbustivo	1.00	1.00	25,436.94	1,661.68	264.34	171.34	9,214.30	2,855.76	399.96	399.95
Acco	0.00	0.07	0.00	122.18	0.00	7.20	0.00	609.40	0.00	40.24
Agsa	0.00	0.01	0.00	24.44	0.00	6.35	0.00	25.38	0.00	7.53
Algr	0.00	0.05	0.00	85.53	0.00	1.78	0.00	75.48	0.00	13.97
Bote	0.03	0.00	635.92	0.00	0.05	0.00	4.99	0.00	5.07	0.00
Brve	0.00	0.01	0.00	12.22	0.00	0.06	0.00	4.70	0.00	1.67
Bufa	0.03	0.00	635.92	0.00	19.98	0.00	1,278.60	0.00	26.43	0.00
Caer	0.08	0.01	1,907.77	24.44	0.60	0.14	123.42	6.91	16.56	3.26
Cyim	0.00	0.10	0.00	171.06	0.00	10.53	0.00	548.19	0.00	45.93

Dabi	0.03	0.18	635.92	293.24	1.25	2.89	124.86	263.68	6.83	46.21
Ecci	0.05	0.00	1,271.85	0.00	75.54	0.00	193.39	0.00	40.67	0.00
Eypo	0.03	0.00	635.92	0.00	11.24	0.00	179.80	0.00	11.20	0.00
Jadi	0.33	0.01	8,267.01	24.44	31.09	0.81	254.55	12.28	79.52	3.84
Miac	0.43	0.20	10,810.70	329.89	104.61	7.05	6,650.13	296.64	196.74	54.21
Open	0.00	0.01	0.00	12.22	0.00	4.57	0.00	11.19	0.00	4.52
Opro	0.00	0.27	0.00	452.07	0.00	127.40	0.00	820.33	0.00	157.49
Veor	0.03	0.07	635.92	109.96	19.98	2.56	404.56	181.58	16.94	21.08
Arborescente	1.00	1.00	398.89	155.28	14.49	12.51	1,064.71	976.09	399.98	399.99
Acfa	0.00	0.05	0.00	7.76	0.00	0.16	0.00	49.53	0.00	16.32
Acsc	0.00	0.10	0.00	15.53	0.00	0.94	0.00	180.77	0.00	46.05
Myge	0.64	0.00	254.85	0.00	2.74	0.00	333.08	0.00	177.96	0.00
Ophy	0.03	0.03	11.08	3.88	0.78	1.95	106.61	31.22	20.97	23.79
Opla	0.00	0.03	0.00	3.88	0.00	0.37	0.00	27.44	0.00	10.79
Ople	0.22	0.18	88.64	27.17	7.58	2.61	301.20	183.22	125.04	74.66
Opst	0.00	0.03	0.00	3.88	0.00	0.22	0.00	12.20	0.00	8.05
Opto	0.00	0.43	0.00	65.99	0.00	4.42	0.00	271.81	0.00	148.16
Prla	0.11	0.18	44.32	27.17	3.39	1.83	323.82	219.91	76.01	72.17
TOTAL	3	3	171,793.4	139,373.01	593.35	936.98	14,134.83	11,190.02	1,199.9	1,199.89

En relación con las localidades con orientación sur, pero altitudes 1880 - 1985 m, en el estrato herbáceo, con cinco especies, de UMBRS, *Setaria macrostachya* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (28,598.3 individuos/ha), área basal (156.6 m²/ha) y cobertura aérea (6,428.91 m²/ha), y en consecuencia, el mayor valor de importancia (188.58); le siguen en orden descendente, *Bouteloua curtipendula* (con 0.23, 15,140.27, 108.68, 2,178.27 y 96.50, respectivamente); y *Leptochloa dubia* (con 0.23; 15,140.27; 56.45; 2,127.67 y 80.64, respectivamente, Cuadro 8). En el estrato arbustivo, con nueve especies, *Jatropha dioica* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (7,343.53 individuos/ha), área basal (67.27 m²/ha) y cobertura aérea (583.24 m²/ha), y en consecuencia, el mayor valor de importancia (109.45), en segundo lugar se ubicó *Mimosa aculeaticarpa* (con 0.15; 2,591.83; 34.4; 3,335.16 y 79.04, respectivamente, Cuadro 8). En el estrato arborescente, con tres especies, *Opuntia leucotricha* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.71), densidad (1,173.67 individuos/ha), área basal (65.22 m²/ha) y cobertura aérea (2,986.62 m²/ha); y el mayor valor de importancia (255.82), en segundo lugar se ubicó *Prosopis laevigata* (con 0.17; 276.16; 25.82; 938.37 y 74.6, respectivamente, Cuadro 8).

En el estrato herbáceo de URBAS, con 11 especies, *Setaria macrostachya* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (21,558.72 individuos/ha), área basal (61.16 m²/ha) y cobertura aérea (1,318 m²/ha), y en consecuencia, el mayor valor de importancia (160.61); en segundo lugar se ubicó *Leptochloa dubia* (con 0.15; 7,608.96; 32.11; 492.24 y 64.92, respectivamente, Cuadro 8); en el mismo estrato, la cobertura aérea de *Herissantia crispa* (651.66 m²/ha) y *Clematis dioica* (637.45 m²/ha), dos especies trepadoras, fue mayor que el de *Leptochloa dubia*. En el estrato arbustivo, con 13 especies, *Hechtia glomerata* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.34), densidad (2,836.81 individuos/ha), área basal (483.83 m²/ha) y cobertura aérea (1,184.06 m²/ha); y también, el mayor valor de importancia (169.88), en segundo lugar se ubicó *Verbesina oreopola* (con 0.20; 1,636.62; 21.39; 1,111.74 y 69.55, respectivamente, Cuadro 8). En el estrato arborescente, con tres especies, *Myrtillocactus geometrizans* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.64), densidad (202.89 individuos/ha), área basal (10.94 m²/ha) y cobertura aérea (925.52 m²/ha), y el mayor valor de importancia (219.58), en segundo lugar se ubicó *Opuntia leucotricha* (con 0.29; 90.17; 5.2; 345.9 y 95.75, respectivamente, Cuadro 8).

Así, en lo que se refiere a las ocho localidades expuestas al sur, la suma de los valores registrados en los tres estratos indica que la densidad absoluta total varió de 59,334.22 (URBAS) a 174,096.21 (TROJS) individuos/ha; el área basal, de 593.35 (TINAS) a 1,329.74 (VANES) m²/ha y la cobertura aérea de 10,339.75 (URBAS) a 25,754.91 (UMBRS) m²/ha (Cuadros 5, 6, 7 y 8).

La densidad absoluta total en el estrato herbáceo varió de 50,726.4 (URBAS) a 159,361.91 (TROJS) individuos/ha; el área basal absoluta de 138.7 (URBAS) a 919.22 (VANES) m²/ha y la cobertura aérea absoluta total de 2,242.5 (SANPS) a 11,206.2 (UMBRS) m²/ha. En el estrato arbustivo, la densidad varió de 1,661.68 (VENTS) a 25,436.94 (TINAS) individuos/ha; el área basal de 171.34 (VENTS) a 664.15 (URBAS) m²/ha y la cobertura aérea varió de 2,855.76 (VENTS) a 13,240.19 (VANES) m²/ha. En el estrato arborescente, la densidad varió de 155.28 (VENTS) a 1,656.94 (UMBRS) individuos/ha; el área basal absoluta de 12.51 (VENTS) a 98.42 (UMBRS) m²/ha y la cobertura aérea absoluta total varió de 976.09 (VENTS) a 6,237 (UMBRS) m²/ha.

Tomando en cuenta únicamente las especies arborescentes de *Opuntia*, la densidad absoluta varió de 90.17 (URBAS) a 1,173.67 (UMBRS) individuos/ha. El área basal absoluta varió de 5.2 (URBAS) a 65.22 (UMBRS) m²/ha. La cobertura aérea absoluta varió de 345.9 (URBAS) a 2,986 (UMBRS) m²/ha. Es otras palabras, la densidad de nopales en UMBRS fue casi 12 veces mayor a la registrada en URBAS; el área basal fue 13 veces mayor y la cobertura aérea nueve veces.

En resumen, en las nopaleras que ocupan las laderas expuestas al sur, las especies con el índice de valor de importancia más alto en el estrato herbáceo rasante son *Dichondra argentea* (96.53), *Bouteloua dactyloides* (33.15,) y *Tragia nepetifolia* (8.97); en el estrato herbáceo, *Melinis repens* (256.98), *Setaria macrostachya* (188.58), *Bouteloua curtipendula* (163.79), *Bouteloua gracilis* (155.43), *Cheillantes sinuata* (149.35), *Pseudognaphalium inornatum* (84.34) y *Leptochloa dubia* (80.64), y entre las herbácea trepadoras destacan *Herissantia crispa* (31.44) y *Clematis dioica* (20.31); en el estrato arbustivo, *Mimosa aculeaticarpa* (197.35), *Dalea bicolor* (178.93), *Verbesina oreopola* (177.04), *Hechtia glomerata* (169.88), *Opuntia robusta* (157.49), *Jatropha dioica* (109.45), y *Ferocactus histrix* (59.87); y en el estrato arbóreo *Opuntia leucotricha* (255.82), *Opuntia megacantha* (238.32), *Myrtillocactus geometrizans* (219.58), *Opuntia streptacantha* (182.61) y *Prosopis laevigata* (84.65).

Cuadro 8. Atributos estructurales en nopaleras con exposición sur, en dos localidades del sur del valle de San Luis Potosí: Valle Umbroso (UMBRS) y Los Urbanos (URBAS). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM) de las especies; el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE UMBRS	FRE URBAS	DEN UMBRS	DEN URBAS	ABA UMBRS	ABA URBAS	CAE UMBRS	CAE URBAS	VAIM UMBRS	VAIM URBAS
Herbáceo	1.00	1.00	67,290.11	50,726.40	338.86	138.70	11,206.20	4,181.85	399.97	399.96
Acem	0.00	0.03	0.00	1,268.16	0.00	3.59	0.00	159.36	0.00	11.39
Bocu	0.23	0.00	15,140.27	0.00	108.68	0.00	2,178.27	0.00	96.50	0.00
Bogr	0.00	0.10	0.00	5,072.64	0.00	27.12	0.00	420.81	0.00	49.61
Cldi	0.00	0.03	0.00	1,268.16	0.00	0.10	0.00	637.45	0.00	20.31
Cotu	0.00	0.05	0.00	2,536.32	0.00	0.45	0.00	36.30	0.00	11.19
Cysp	0.00	0.08	0.00	3,804.48	0.00	4.02	0.00	162.22	0.00	21.78
Dica	0.05	0.03	3,364.51	1,268.16	16.91	2.49	323.70	22.41	17.87	7.33
Eupr	0.00	0.03	0.00	1,268.16	0.00	0.10	0.00	122.01	0.00	7.98
Hecr	0.00	0.08	0.00	3,804.48	0.00	1.20	0.00	651.66	0.00	31.44
Ledu	0.23	0.15	15,140.27	7,608.96	56.45	32.11	2,127.67	492.24	80.64	64.92
Psin	0.00	0.03	0.00	1,268.16	0.00	6.37	0.00	159.36	0.00	13.40
Segr	0.08	0.00	5,046.76	0.00	0.21	0.00	147.64	0.00	16.38	0.00
Sema	0.43	0.43	28,598.30	21,558.72	156.60	61.16	6,428.91	1,318.02	188.58	160.61
Arbustivo	1.00	1.00	17,278.90	8,292.21	385.89	664.15	8,311.71	4,138.41	399.98	399.92
Acco	0.08	0.01	1,295.92	109.11	22.90	0.31	498.73	839.53	26.93	22.96
Agle	0.00	0.07	0.00	545.54	0.00	50.70	0.00	282.51	0.00	27.61
Bote	0.00	0.05	0.00	436.43	0.00	0.55	0.00	21.42	0.00	11.12
Brve	0.00	0.01	0.00	109.11	0.00	1.45	0.00	39.62	0.00	3.80
Bufa	0.00	0.01	0.00	109.11	0.00	2.48	0.00	10.50	0.00	3.25
Caer	0.00	0.04	0.00	327.32	0.00	13.25	0.00	54.40	0.00	11.20

Ceeh	0.05	0.00	863.94	0.00	17.37	0.00	1,329.94	0.00	30.50	0.00
Dabi	0.00	0.11	0.00	872.86	0.00	12.68	0.00	354.40	0.00	31.52
Ecci	0.03	0.00	431.97	0.00	41.56	0.00	41.56	0.00	16.27	0.00
Fehi	0.08	0.09	1,295.92	763.76	162.85	32.57	221.97	35.71	59.87	24.18
Hegl	0.00	0.34	0.00	2,836.81	0.00	483.83	0.00	1,184.06	0.00	169.88
Irsc	0.10	0.00	1,727.89	0.00	6.18	0.00	306.19	0.00	25.28	0.00
Jadi	0.43	0.01	7,343.53	109.11	67.27	36.21	583.24	2.48	109.45	8.14
Miac	0.15	0.01	2,591.83	109.11	34.40	0.14	3,335.16	44.42	79.04	3.72
Sewi	0.03	0.00	431.97	0.00	17.95	0.00	1,496.18	0.00	27.65	0.00
Veor	0.08	0.20	1,295.92	1,636.62	15.40	21.39	498.73	1,111.74	24.99	69.55
Zatr	0.00	0.04	0.00	327.32	0.00	8.61	0.00	157.61	0.00	12.99
Arborescente	1.00	1.00	1,656.94	315.61	98.42	24.21	6,237.00	2,019.49	399.98	399.98
Myge	0.13	0.64	207.12	202.89	7.38	10.94	2,312.01	925.52	69.56	219.58
Ople	0.71	0.29	1,173.67	90.17	65.22	5.20	2,986.62	345.90	255.82	95.75
Prla	0.17	0.07	276.16	22.54	25.82	8.07	938.37	748.06	74.60	84.65
TOTAL	3	3	86,225.95	59,334.22	823.17	827.06	25,754.91	10,339.75	1,199.93	1,199.86

5.1.1.3. Nopaleras de exposición norte

Las siete nopaleras que se desarrollan en laderas expuestas al norte también muestran algunas diferencias en su hábitat. Las localidades que se ubican al oriente y al occidente del valle se encuentran a mayor altitud que las que se localizan al norte. Así, los sitios muestreados al oriente, en el municipio de Cerro de San Pedro (SAPEN) y La Trojes, municipio de Zaragoza (TROJN) y al occidente, cerca de Los Vanegas, municipio de Mexquitic (VANEN) se encuentran entre 2026 a 2162 m.; en tanto que, los que se localizan al norte, cerca de La Tinaja (TINAN) y Ventura (VENTN) municipio de Soledad de Graciano Sánchez, Valle Umbroso (UMBRN), municipio de Mexquitic y Los Urbanos (URBAN), municipio de San Luis Potosí, se ubican entre 1851 y 1883 m (Cuadro 2). La pendiente varía de 12.30° (SAPEN) a 44.10° (VANEN; Cuadro 2). Las rocas de origen volcánico predominan en el sustrato geológico de todas ellas (Moreira, *et al.* 1998)

Con respecto a la estructura de la vegetación, en los Cuadros 9, 10, 11 y 12 se presentan con detalle, los principales atributos estructurales de las ocho nopaleras con exposición norte. En el estrato herbáceo de SAPEN, con cinco especies, a *Bouteloua gracilis* le correspondieron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.53) y densidad (104,357.7 individuos/ha), así como, el mayor valor de importancia (165.25); en segundo lugar está *Bouteloua curtipendula* (con 0.22, 42,970.82, y 53.71, respectivamente); en el mismo estrato *Achnatherum eminens* registró el valor más alto de área basal (445.88 m²/ha) y cobertura aérea (10,628.49 m²/ha) y un valor de importancia (158.75; , Cuadro 9) mayor que el de *Bouteloua curtipendula*. En el estrato arbustivo, con siete especies, *Mimosa aculeaticarpa* registró los valores más altos de frecuencia (0.54), densidad (2,540.47 individuos/ha) y cobertura aérea (1,623.37 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (170.67); aunque a *Agave salmiana* le correspondió el mayor valor de área basal (110.83 m²/ha; Cuadro 9). En el estrato arborescente, con cuatro especies, *Opuntia leucotricha* registró los mayores valores absoluto de frecuencia (0.75), densidad (345.82 individuos/ha), área basal (5.71 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (231.22; Cuadro 9); en este estrato a *Prosopis laevigata* le correspondió el mayor valor de cobertura aérea (588.15 m²/ha).

En el estrato herbáceo rasante de TROJN, con tres especies, a *Dichondra argentea* le correspondieron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.11), densidad (24,150.44 individuos/ha), área basal (121.29 m²/ha) y cobertura aérea (161.94 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (48.58, Cuadro 9). En el estrato herbáceo, con 23

especies, *Pseudognaphalium inornatum* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.11) y densidad (24,150.44 individuos/ha), así como el mayor valor de importancia (35.85); en el mismo estrato, *Leptochloa dubia* registró los mayores valores de área basal (66.48 m²/ha) y cobertura aérea (721.31 m²/ha, Cuadro 9). En el estrato arbustivo, con 12 especies, *Perymenium mendezii* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.28), densidad (5,996.66 individuos/ha) m²/ha), y el mayor valor de importancia (89.48); en el mismo estrato, a *Ferocactus hystrix* le correspondió el mayor valor de área basal (79.15 m²/ha) y a *Mimosa aculeaticarpa* el mayor valor de cobertura aérea (4,677.48 m²/ha, Cuadro 9). En el estrato arborescente, con seis especies, *Opuntia megacantha* y *Opuntia streptacantha*, registraron los valores absolutos más altos de frecuencia (0.40, en ambos casos), densidad (161.53 individuos/ha, en ambos casos), área basal (12.11 y 16.08 m²/ha), y cobertura aérea (755.31 y 676.97 m²/ha, respectivamente), y los mayores valores de importancia (162.8 y 170.28, respectivamente, Cuadro 9).

Cuadro 9. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en dos localidades del occidente del valle de San Luis Potosí: Cerro de San Pedro (SAPEN) y Las Trojes (TROJN). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM) de las especies; el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE	FRE	DEN	DEN	ABA	ABA	CAE	CAE	VAIM	VAIM
	SAPEN	TROJN	SAPEN	TROJN	SAPEN	TROJN	SAPEN	TROJN	SAPEN	TROJN
Herbáceo	1.00	1.00	196,438.03	227,298.23	861.62	508.04	14,029.64	4,713.20	399.98	399.98
Acph	0.00	0.01	0.00	2,841.23	0.00	0.89	0.00	112.97	0.00	5.07
Acem	0.16	0.03	30,693.44	7,103.07	445.88	49.29	10,628.49	502.09	158.75	26.60
Ardi	0.06	0.07	12,277.38	15,626.75	15.43	28.51	87.02	638.01	14.91	32.89
Bocu	0.22	0.06	42,970.82	12,785.53	62.11	44.67	386.39	280.05	53.71	25.98
Bogr	0.53	0.07	104,357.70	15,626.75	330.49	22.38	2,896.88	191.77	165.25	22.22
Casp	0.00	0.01	0.00	1,420.61	0.00	2.79	0.00	44.63	0.00	2.74
Chmy	0.00	0.01	0.00	1,420.61	0.00	1.00	0.00	4.02	0.00	1.53
Chsi	0.00	0.06	0.00	12,785.53	0.00	16.96	0.00	214.05	0.00	19.13
Cosp	0.00	0.03	0.00	5,682.46	0.00	5.47	0.00	100.42	0.00	8.20
Cypsp	0.00	0.01	0.00	1,420.61	0.00	4.02	0.00	44.63	0.00	2.98
Diar	0.00	0.11	0.00	24,150.44	0.00	121.39	0.00	161.94	0.00	48.58
Drla	0.00	0.04	0.00	8,523.68	0.00	1.87	0.00	127.49	0.00	10.57
Erin	0.00	0.04	0.00	9,944.30	0.00	23.03	0.00	278.99	0.00	19.20
Erme	0.00	0.01	0.00	1,420.61	0.00	4.02	0.00	21.87	0.00	2.50
Gili	0.00	0.06	0.00	14,206.14	0.00	13.67	0.00	116.08	0.00	17.65
Laso	0.00	0.01	0.00	1,420.61	0.00	0.11	0.00	9.04	0.00	1.46
Ledu	0.00	0.08	0.00	18,467.98	0.00	66.48	0.00	721.31	0.00	44.63
Lyph	0.00	0.01	0.00	2,841.23	0.00	10.93	0.00	40.67	0.00	5.51
Muri	0.00	0.04	0.00	9,944.30	0.00	25.46	0.00	250.25	0.00	19.07
Oxde	0.00	0.01	0.00	2,841.23	0.00	2.73	0.00	14.28	0.00	3.34
Pifi	0.00	0.04	0.00	9,944.30	0.00	13.39	0.00	166.48	0.00	14.91
Psin	0.03	0.11	6,138.69	24,150.44	7.71	24.45	30.86	461.60	7.36	35.85
Tafr	0.00	0.06	0.00	12,785.53	0.00	13.53	0.00	164.52	0.00	17.40

Trcr	0.00	0.01	0.00	2,841.23	0.00	2.73	0.00	12.55	0.00	3.30
Trpu	0.00	0.01	0.00	1,420.61	0.00	2.79	0.00	16.07	0.00	2.13
Viar	0.00	0.03	0.00	5,682.46	0.00	5.47	0.00	17.43	0.00	6.44
Arbustivo	1.00	1.00	4,742.22	21,321.46	171.80	356.06	2,595.88	9,615.33	399.95	399.95
Agsa	0.11	0.05	508.09	999.44	110.83	31.40	370.07	298.83	100.19	21.30
Agco	0.00	0.03	0.00	666.30	0.00	0.21	0.00	11.77	0.00	6.43
Bote	0.00	0.05	0.00	999.44	0.00	0.08	0.00	45.21	0.00	9.86
Brve	0.07	0.00	338.73	0.00	1.30	0.00	103.92	0.00	19.04	0.00
Dabi	0.00	0.13	0.00	2,665.18	0.00	4.47	0.00	1,031.55	0.00	36.98
Ecci	0.00	0.03	0.00	666.30	0.00	20.93	0.00	73.59	0.00	12.89
Fehi	0.14	0.02	677.46	333.15	51.13	79.15	51.13	79.15	60.30	26.17
Jadi	0.00	0.08	0.00	1,665.74	0.00	51.29	0.00	188.91	0.00	31.99
Miac	0.54	0.22	2,540.47	4,664.07	1.71	21.78	1,623.37	4,677.48	170.67	98.51
Opca	0.00	0.02	0.00	333.15	0.00	5.89	0.00	211.94	0.00	6.98
Open	0.04	0.00	169.36	0.00	1.33	0.00	96.11	0.00	11.61	0.00
Opro	0.07	0.03	338.73	666.30	4.16	20.93	252.90	144.24	26.44	13.62
Peme	0.00	0.28	0.00	5,996.66	0.00	51.93	0.00	1,792.96	0.00	89.48
Stsa	0.04	0.00	169.36	0.00	1.33	0.00	98.38	0.00	11.70	0.00
Veor	0.00	0.08	0.00	1,665.74	0.00	68.01	0.00	1,059.70	0.00	45.74
Arborescente	1.00	1.00	461.09	403.83	12.52	32.50	1,348.99	1,658.50	399.99	399.96
Myge	0.00	0.10	0.00	40.38	0.00	1.51	0.00	91.66	0.00	30.16
Ophy	0.00	0.03	0.00	10.10	0.00	0.26	0.00	22.92	0.00	7.17
Opla	0.00	0.05	0.00	20.19	0.00	2.23	0.00	91.34	0.00	22.36
Ople	0.75	0.03	345.82	10.10	5.71	0.32	480.44	20.30	231.22	7.19
Opme	0.10	0.40	46.11	161.53	0.99	12.11	77.19	755.31	33.59	162.80
Opst	0.05	0.40	23.05	161.53	1.13	16.08	203.21	676.97	34.10	170.28
Prla	0.10	0.00	46.11	0.00	4.69	0.00	588.15	0.00	101.08	0.00
TOTAL	3.00	3.00	201,641.33	249,023.52	1,045.94	896.59	17,974.52	15,987.03	1,199.92	1,199.89

En el estrato herbáceo de TINAN, con nueve especies, *Leptochloa dubia* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.40), densidad (85,136.18 individuos/ha), cobertura aérea (3,630.08 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (163.51); en el mismo estrato, *Bouteloua curtipendula* registró el mayor valor de área basal (con 205.8 m²/ha, Cuadro 10). En el estrato arbustivo, con 11 especies, *Dalea bicolor* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.21) y densidad (3,105.17 individuos/ha); en el mismo estrato, *Aloysia gratissima* registró los valores más altos de cobertura aérea (2,579.04) y *Ferocactus hystrix* el mayor valor de área basal (78.17 m²/ha), los mayores valores de importancia fueron para *Aloysia gratissima* (94.45) y *Dalea bicolor* (67.96, Cuadro 10). En el estrato arborescente, con seis especies, *Opuntia leucotricha*, registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.53), densidad (123.83 individuos/ha), área basal (8.75 m²/ha), cobertura aérea (612.73 m²/ha); y el mayor valor de importancia (225.28, Cuadro 10).

En el estrato herbáceo de VENTN, que contiene 14 especies, *Bouteloua gracilis* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.21) y densidad (80,721.56 individuos/ha) y un valor de importancia más alto (70.28), en el mismo estrato a *Asphodelus fistulosus* le correspondió el mayor valor de área basal (329.09 m²/ha), cobertura aérea (4,230.46 m²/ha) y valor de importancia (123.08), también es de destacar *Ambrosia confertiflora* con una frecuencia de 0.20, una densidad de 75,973,23 individuos/ha, una cobertura aérea de 381.88 m²/ha y un valor de importancia de 52.10. En el estrato arbustivo, con nueve especies, *Jatropha dioica* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.28), densidad (8,213.5 individuos/ha); en el mismo estrato, *Opuntia robusta* registró los valores más altos de área basal (341.02 m²/ha), cobertura aérea (2,196.65 m²/ha) y valor de importancia (132.36, Cuadro 10). En el estrato arborescente, con seis especies, *Opuntia leucotricha*, registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (56.34 individuos/ha), área basal (4.48 m²/ha), cobertura aérea (210.31 m²/ha, Cuadro10); y el mayor valor de importancia (185.81), seguida por *Opuntia tomentosa* y *Prosopis laevigata* con valores de importancia de 74.2 y 67.59, respectivamente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Atributos estructurales en nopaleras de exposición norte, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: La Tinaja (TINAN) y Ventura (VENTN). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM) de las especies; el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE TINAN	FRE VENTN	DEN TINAN	DEN VENTN	ABA TINAN	ABA VENTN	CAE TINAN	CAE VENTN	VAIM TINAN	VAIM VENTN
Herbáceo	1.00	1.00	215,080.87	379,866.14	532.52	823.98	7,316.94	9,267.11	399.95	400.37
Amco	0.00	0.20	0.00	75,973.23	0.00	65.77	0.00	381.88	0.00	52.10
Apra	0.00	0.03	0.00	9,496.65	0.00	6.71	0.00	67.31	0.00	6.54
Asfi	0.00	0.19	0.00	71,224.90	0.00	329.09	0.00	4,230.46	0.00	123.08
Boba	0.00	0.05	0.00	18,993.31	0.00	53.70	0.00	358.39	0.00	20.38
Bocu	0.15	0.06	31,365.96	23,741.63	205.80	91.37	1,743.06	918.98	91.63	33.50
Bogr	0.27	0.21	58,251.07	80,721.56	118.07	143.65	1,113.38	959.16	91.55	70.28
Chbo	0.02	0.03	4,480.85	9,496.65	12.67	1.68	79.18	26.85	7.62	5.94
Cysp	0.06	0.00	13,442.55	0.00	4.22	0.00	294.45	0.00	17.31	0.00
Diar	0.02	0.00	4,480.85	0.00	1.41	0.00	140.77	0.00	6.35	0.00
Drar	0.00	0.01	0.00	4,748.33	0.00	1.49	0.00	83.91	0.00	3.58
Drla	0.04	0.01	8,961.70	4,748.33	0.78	0.37	34.49	23.87	8.95	2.80
Ers	0.00	0.01	0.00	4,748.33	0.00	37.29	0.00	335.64	0.00	10.64
Gude	0.02	0.00	4,480.85	0.00	1.41	0.00	140.77	0.00	6.35	0.00
Lasc	0.00	0.01	0.00	4,748.33	0.00	3.36	0.00	37.29	0.00	3.30
Ledu	0.40	0.00	85,136.18	0.00	185.00	0.00	3,630.08	0.00	163.51	0.00
Phph	0.00	0.03	0.00	9,496.65	0.00	11.93	0.00	1,510.38	0.00	22.74
Psin	0.00	0.13	0.00	47,483.27	0.00	59.67	0.00	221.11	0.00	34.62
Sema	0.02	0.00	4,480.85	0.00	3.17	0.00	140.77	0.00	6.68	0.00
Span	0.00	0.04	0.00	14,244.98	0.00	17.90	0.00	111.88	0.00	10.87
Arbustivo	1.00	1.00	14,612.56	28,988.83	204.50	472.43	5,715.89	7,279.89	399.95	399.96
Adin	0.00	0.27	0.00	7,730.35	0.00	31.39	0.00	1,897.20	0.00	86.03
Ag	0.01	0.02	182.66	483.15	12.91	23.72	206.58	160.32	12.42	10.55

Algr	0.20	0.02	2,922.51	483.15	19.09	3.07	2,579.04	94.87	94.45	5.28
Betr	0.00	0.03	0.00	966.29	0.00	1.90	0.00	758.93	0.00	17.49
Bote	0.10	0.00	1,461.26	0.00	0.95	0.00	121.22	0.00	22.58	0.00
Caer	0.10	0.13	1,461.26	3,865.18	1.21	10.93	129.57	488.14	22.85	35.68
Dabi	0.21	0.07	3,105.17	1,932.59	18.00	2.43	952.65	579.70	67.96	21.81
Fehi	0.09	0.00	1,278.60	0.00	78.17	0.00	140.46	0.00	58.18	0.00
Jadi	0.13	0.28	1,826.57	8,213.50	55.67	55.67	150.60	677.19	54.86	77.75
Miac	0.06	0.03	913.29	966.29	1.79	2.30	915.91	426.90	29.40	13.01
Opro	0.01	0.15	182.66	4,348.32	12.91	341.02	322.78	2,196.65	14.46	132.36
Peme	0.09	0.00	1,278.60	0.00	3.79	0.00	197.08	0.00	22.79	0.00
Arborescente	1.00	1.00	235.87	132.57	13.84	7.94	1,073.95	472.89	399.97	399.96
Acsc	0.05	0.08	11.79	9.94	0.70	0.42	70.05	33.46	21.58	27.41
Myge	0.23	0.00	53.07	0.00	0.82	0.00	52.29	0.00	55.76	0.00
Opdu	0.03	0.00	5.90	0.00	0.29	0.00	26.68	0.00	9.57	0.00
Opla	0.00	0.05	0.00	6.63	0.00	0.94	0.00	69.36	0.00	36.50
Ople	0.53	0.43	123.83	56.34	8.75	4.48	612.73	210.31	225.28	185.81
Opme	0.00	0.03	0.00	3.31	0.00	0.16	0.00	6.66	0.00	8.45
Opto	0.00	0.20	0.00	26.51	0.00	1.51	0.00	72.05	0.00	74.20
Prgl	0.13	0.00	29.48	0.00	2.58	0.00	197.44	0.00	62.04	0.00
Prla	0.05	0.23	11.79	29.83	0.70	0.43	114.77	81.05	25.74	67.59
TOTAL	3.00	3.00	229,929.30	408,987.55	750.86	1304.35	14,106.78	17,019.89	1,199.87	1,200.29

En el estrato herbáceo de UMBRN, en el que se registraron ocho especies, *Leptochloa dubia* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.43), densidad (42,240.56 individuos/ha), área basal (45.79 m²/ha), cobertura aérea (842.67 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (157.08); en segundo lugar se ubicó *Setaria macrostachya* (con 0.23, 23,950.88, 30.10, 543.64 y 91.91, respectivamente, Cuadro 11). En el estrato arbustivo, con 26 especies, *Jatropha dioica* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.23) y densidad (1,465.45 individuos/ha); el segundo lugar lo ocupó *Iresine schafneri* (con 0.20 y 1,265), en el mismo estrato, a *Celtis ehrenbergiana* le correspondió el mayor valor de área basal (7.96 m²/ha), a *Mimosa aculeaticarpa* el mayor valor de cobertura aérea (1,267.14 m²/ha, Cuadro 11) y a *Senna wislizenii* el mayor valor de importancia (86.36). En el estrato arborescente con tres especies, *Opuntia leucotricha*, registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.88), densidad (1,428.43 individuos/ha), área basal (46.23 m²/ha), cobertura aérea (1,866.93 m²/ha, Cuadro 11); y el mayor valor de importancia (296.22, Cuadro 11).

En el estrato herbáceo rasante de URBAN, en el que se anotaron siete especies, *Dichondra argentea* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.14), densidad (35,240.25 individuos/ha), área basal (287.96 m²/ha), cobertura aérea (504.42 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (76.76, Cuadro 11). En el estrato herbáceo, con 17 especies, *Bouteloua curtipendula* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.14), densidad (35,240.25 individuos/ha), área basal (137,96 m²/ha) y cobertura aérea (1,208.99 m²/ha), así como el mayor valor de importancia (69.32); en segundo lugar se ubicó *Panicum lepidulum* (con 0.14, 35,240, 58.31, 682.23 y 48.8, respectivamente, Cuadro 11). En el estrato arbustivo, con cinco especies, *Calliandra eriophylla* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.35), densidad (2,816.06 individuos/ha) y área basal (62,42 m²/ha); y el mayor valor de importancia (131.86, Cuadro 11); en el mismo estrato, a *Mimosa aculeaticarpa* le correspondió el mayor valor de cobertura aérea (2,735.38 m²/ha). En el estrato arborescente, con cuatro especies, *Opuntia leucotricha*, registró el valor absoluto más alto de frecuencia (0.71), densidad (174.95 individuos/ha), área basal (6.59), cobertura aérea (369.59 m²/ha); y el mayor valor de importancia (258.3 Cuadro 11).

Cuadro 11. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en dos localidades del norte del valle de San Luis Potosí: Valle Umbroso (UMBRN) y Los Urbanos (URBAN). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM) de las especies; el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE	FRE	DEN	DEN	ABA	ABA	CAE	CAE	VAIM	VAIM
	UMBRN	URBAN	UMBRN	URBAN	UMBRN	URBAN	UMBRN	URBAN	UMBRN	URBAN
Herbáceo	1.00	1.00	106,448.38	248,754.67	134.05	735.34	2,221.94	5,439.32	399.96	399.9
Acem	0.08	0.03	7,983.63	6,218.87	11.76	4.40	181.21	181.93	31.92	8.94
Apra	0.00	0.05	0.00	12,437.73	0.00	37.19	0.00	172.80	0.00	18.23
Baab	0.00	0.01	0.00	2,072.96	0.00	1.47	0.00	19.70	0.00	2.22
Bocu	0.03	0.14	2,661.21	35,240.25	20.90	137.96	256.04	1,208.99	32.11	69.32
Bogr	0.03	0.03	2,661.21	8,291.82	1.88	17.95	20.90	113.47	7.34	11.19
Chmy	0.05	0.00	5,322.42	0.00	10.45	0.00	211.62	0.00	27.32	0.00
Cotu	0.00	0.06	0.00	14,510.69	0.00	3.94	0.00	140.42	0.00	14.78
Dasp	0.00	0.02	0.00	4,145.91	0.00	3.99	0.00	105.50	0.00	5.81
Diar	0.00	0.14	0.00	35,240.25	0.00	287.96	0.00	504.42	0.00	76.76
Dica	0.00	0.03	0.00	8,291.82	0.00	27.51	0.00	390.91	0.00	17.59
Drla	0.00	0.03	0.00	6,218.87	0.00	2.65	0.00	51.82	0.00	6.31
Ecel	0.00	0.02	0.00	4,145.91	0.00	8.14	0.00	2.93	0.00	4.49
Erav	0.00	0.01	0.00	2,072.96	0.00	5.86	0.00	16.28	0.00	2.76
Gika	0.00	0.01	0.00	2,072.96	0.00	4.07	0.00	41.68	0.00	2.98
Ledu	0.43	0.05	45,240.56	12,437.73	45.79	10.83	842.67	265.95	157.08	16.36
Loca	0.00	0.01	0.00	2,072.96	0.00	2.60	0.00	41.68	0.00	2.78
Mupl	0.15	0.00	15,967.26	0.00	11.29	0.00	105.45	0.00	43.16	0.00
Nale	0.00	0.01	0.00	2,072.96	0.00	2.60	0.00	260.50	0.00	6.81
Pale	0.00	0.14	0.00	35,240.25	0.00	58.31	0.00	682.23	0.00	48.80
Paob	0.00	0.05	0.00	12,437.73	0.00	39.14	0.00	59.89	0.00	16.42
Psin	0.00	0.02	0.00	4,145.91	0.00	6.59	0.00	73.26	0.00	5.57
Sema	0.23	0.07	23,950.88	16,583.64	30.10	50.88	543.64	394.34	91.91	27.50
Siab	0.00	0.02	0.00	4,145.91	0.00	0.73	0.00	255.29	0.00	8.12

Tafr	0.00	0.04	0.00	10,364.78	0.00	17.23	0.00	75.02	0.00	12.05
Trne	0.00	0.02	0.00	4,145.91	0.00	1.30	0.00	46.89	0.00	4.37
Trpu	0.03	0.00	2,661.21	0.00	1.88	0.00	60.40	0.00	9.12	0.00
Vero	0.00	0.02	0.00	4,145.91	0.00	2.04	0.00	333.43	0.00	9.74

Arbustivo	1.00	1.00	6,394.67	7,951.22	80.73	197.91	5,254.51	4,241.83	399.86	399.98
Acco	0.02	0.00	133.22	0.00	0.13	0.00	101.52	0.00	6.25	0.00
Adin	0.01	0.00	66.61	0.00	0.02	0.00	8.37	0.00	2.26	0.00
Agle	0.02	0.02	133.22	165.65	5.30	14.17	131.25	28.74	13.22	12.00
Anli	0.03	0.00	199.83	0.00	2.00	0.00	108.91	0.00	10.80	0.00
Brse	0.01	0.00	66.61	0.00	0.19	0.00	2.09	0.00	2.35	0.00
Brve	0.02	0.00	133.22	0.00	4.61	0.00	66.96	0.00	11.15	0.00
Busc	0.02	0.00	133.22	0.00	0.26	0.00	58.86	0.00	5.61	0.00
Caer	0.00	0.35	0.00	2,816.06	0.00	62.42	0.00	1,250.74	0.00	131.86
Cepa	0.02	0.00	133.22	0.00	0.51	0.00	176.83	0.00	8.16	0.00
Ceeh	0.04	0.00	266.44	0.00	7.96	0.00	663.04	0.00	30.80	0.00
Cofa	0.01	0.00	66.61	0.00	0.05	0.00	33.48	0.00	2.77	0.00
Fehi	0.01	0.17	66.61	1,325.20	2.09	59.45	8.37	66.10	4.83	64.93
Irsc	0.20	0.00	1,265.61	0.00	1.20	0.00	29.75	0.00	41.63	0.00
Jadi	0.23	0.25	1,465.45	1,987.80	5.87	42.50	90.88	160.87	54.83	75.26
Latr	0.01	0.00	66.61	0.00	0.52	0.00	209.27	0.00	6.71	0.00
Miac	0.08	0.21	532.89	1,656.50	6.03	19.36	1,267.14	2,735.38	48.24	115.93
Opro	0.02	0.00	133.22	0.00	5.30	0.00	94.43	0.00	12.52	0.00
Peme	0.04	0.00	266.44	0.00	3.27	0.00	95.35	0.00	14.19	0.00
Plpu	0.01	0.00	66.61	0.00	0.13	0.00	3.27	0.00	2.30	0.00
Saba	0.03	0.00	199.83	0.00	9.58	0.00	25.11	0.00	18.58	0.00
Sewi	0.13	0.00	799.33	0.00	20.34	0.00	1,900.71	0.00	86.36	0.00
Stsa	0.01	0.00	66.61	0.00	0.33	0.00	42.38	0.00	3.30	0.00
Tran	0.01	0.00	66.61	0.00	4.71	0.00	117.71	0.00	10.15	0.00
Veor	0.01	0.00	66.61	0.00	0.33	0.00	18.83	0.00	2.85	0.00

Arborescente	1.00	1.00	1,632.49	246.99	64.13	10.17	3,799.77	713.36	399.98	399.98
Myge	0.00	0.08	0.00	20.58	0.00	0.39	0.00	63.38	0.00	29.37
Ople	0.88	0.71	1,428.43	174.95	46.23	6.59	1,866.93	369.58	296.22	258.30
Opst	0.00	0.04	0.00	10.29	0.00	1.29	0.00	32.33	0.00	25.58
Prgl	0.08	0.00	136.04	0.00	13.09	0.00	1,625.13	0.00	79.84	0.00
Prla	0.04	0.17	68.02	41.17	4.81	1.89	307.72	248.08	23.92	86.73
TOTAL	3.00	3.00	114,475.53	256,952.89	278.91	943.42	11,276.22	10,394.51	1,199.8	1,199.86

En el estrato herbáceo de VANEN, con siete especies, *Bouteloua gracilis* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.56), densidad (211,388.56 individuos/ha), área basal (505.88 m²/ha) y cobertura aérea (2,430.76 m²/ha); así como el mayor valor de importancia (201.74, Cuadro 12). En el estrato arbustivo, con cinco especies, *Mimosa aculeaticarpa* registró los valores absolutos más altos de frecuencia (0.66), densidad (5,765.57 individuos/ha), área basal (38.24 m²/ha), cobertura aérea (3,459.04 m²/ha) y el mayor valor de importancia (203.03, Cuadro 12). En el estrato arborescente, con dos especies, *Opuntia leucotricha*, registró el valor absoluto más alto de frecuencia (0.96), densidad (832.06 individuos/ha), área basal (29.93 m²/ha), cobertura aérea (1,715.05 m²/ha); y el mayor valor de importancia (383.93, Cuadro 12).

Así, en lo que se refiere a las siete localidades expuestas al norte, la suma de los valores registrados en los tres estratos indica que la densidad total absoluta varió de 114,475.53 (UMBRN) a 408,987.55 (VENTN) individuos/ha; el área basal, de 278.91 (UMBRN) a 1,304.35 (VENTN) m²/ha y la cobertura aérea de 10,394.51 (URBAN) a 17,974.52 (SAPEN) m²/ha (Cuadros 9, 10, 11 y 12).

La densidad absoluta total en el estrato herbáceo varió de 106,448.38 (UMBRN) a 379,866.14 (VENTN) individuos/ha; el área basal absoluta total varió de 134.05 (UMBRN) a 925.26 (VANEN) m²/ha; la cobertura aérea absoluta total varió de 2,221.94 (UMBRN) a 14,029.64 (SAPEN) m²/ha. En el estrato arbustivo, la densidad varió de 4,742.22 (SAPEN) a 28,988.83 (VENTN) individuos/ha; el área basal varió de 80.73 (UMBRN) a 472.43 (VENTN) m²/ha; la cobertura aérea varió de 2,595.88 (SAPEN) a 9,615.33 (TROJN) m²/ha. En el estrato arborescente, la densidad varió de 132.57 (VENTN) a 1632.49 (UMBRN); el área basal absoluta total varió de 7.94 (VENTN) a 64.13 (UMBRN) m²/ha; la cobertura aérea absoluta total varió de 472.89 (VENTN) a 3,799.77 (UMBRN) m²/ha.

Tomando en cuenta únicamente las especies arborescentes de *Opuntia*, la densidad absoluta varió de 92.79 (VENTN) a 1,428.43 (UMBRN) individuos/ha. El área basal absoluta varió de 7.09 (VENTN) a 46.23 (UMBRN) m²/ha. La cobertura aérea absoluta varió de 358.38 (VENTN) a 1,866.93 (UMBRN) m²/ha. En otras palabras, la densidad de nopales en UMBRN fue casi 15 veces mayor a la registrada en VENTN; el área basal 6.5 veces, y la cobertura aérea 5.2 veces.

En resumen, en las nopaleras que se ubican en laderas expuestas al norte, las especies con mayor índice de valor de importancia en el estrato herbáceo rasante son *Dichondra*

argentea (76.76) y *Microchloa kunthii* (41.92); en el herbáceo, *Bouteloua gracilis* (201.74), *Leptochloa dubia* (163.51), *Achnatherum eminens* (158.75), *Asphodelus fistulosus* (123.08), *Setaria macrostachya* (91.91), *Bouteloua curtipendula* (91.63), *Aloysia gratissima* (94.45), *Ambrosia confertiflora* (52.1), *Panicum lepidilum* (48.8) y *Pseudognaphalium inortatum* (35.85); en el estrato arbustivo, *Mimosa aculeaticarpa* (203.03), *Opuntia robusta* (147.37), *Calliandra eriophylla* (131.86), *Agave salmiana* (100.19), *Perymenium mendezii* (89.48), *Adolphyia infestans* (86.03), *Jatropha dioica* (77.75), *Dalea bicolor* (67.96), *Ferocactus histrix* (64.93) e *Iresine schaffneri* (41.63); y en el estrato arbóreo *Opuntia leucotricha* (383.93), *Opuntia streptacantha* (170.28), *Opuntia megacantha* (162.8), *Prosopis laevigata* (101.08) y *Myrtillocactus geometrizans* (55.76).

Cuadro 12. Atributos estructurales en nopaleras con exposición norte, en una localidad del oeste del valle de San Luis Potosí: Los Vanegas (VANEN). Valores absolutos de frecuencia (FRE), densidad (DEN, individuos/ha), área basal (ABA, m²/ha), cobertura aérea (CAE, m²/ha) y valor de importancia (VAIM) de las especies; el significado de los acrónimos de las especies se encuentra en el Apéndice 2.

	FRE VANEN	DEN VANEN	ABA VANEN	CAE VANEN	VAIM VANEN
Herbáceo	1.00	375,801.88	925.26	7,031.78	399.96
Acem	0.02	7,829.21	9.84	245.96	8.72
Bogr	0.56	211,388.56	505.88	2,430.76	201.74
Chbo	0.06	23,487.62	40.23	1,660.24	40.45
Eval	0.04	15,658.41	37.20	162.64	14.66
Ledu	0.04	15,658.41	69.18	276.71	19.74
Mere	0.10	39,146.03	206.73	2,078.38	72.73
Miku	0.17	62,633.65	56.20	177.09	41.92
Arbustivo	1.00	8785.63	266.68	6,021.02	399.97
Ecci	0.03	274.55	19.41	19.41	13.84
Fehi	0.03	274.55	8.63	22.08	9.85
Jadi	0.13	1,098.20	1.06	29.52	25.88
Miac	0.66	5,765.57	38.24	3,459.04	203.03
Opro	0.16	1,372.75	199.35	2,490.98	147.37
Arborescente	1.00	868.24	30.57	1,817.62	399.99
Acsc	0.04	36.18	0.64	102.57	16.06
Ople	0.96	832.06	29.93	1,715.05	383.93
TOTAL	3.00	385,455.75	1,222.51	14,870.43	1,199.92

5.1.3. Estructura vertical

Conjuntando los datos de las 19 localidades evaluadas, las nopaleras del valle de San Luis Potosí se distinguen por la presencia de al menos tres estratos verticales: arborescente, arbustivo y herbáceo; pero en algunos sitios se pueden identificar substratos como el subarbustivo y el estrato herbáceo rasante.

Arborescente: En el estrato arborescente de las nopaleras se registraron en total 608 plantas que corresponden a 13 especies. Con base en la altura de los individuos que lo integran, este estrato tiene una altura promedio de 2.10 m (con una altura máxima de 5 m y una mínima de 0.23 m). De acuerdo con el histograma, 197 individuos (32.4 % del total) se agrupan en el intervalo de 1.5 a 2 m. de altura (Figura 3).

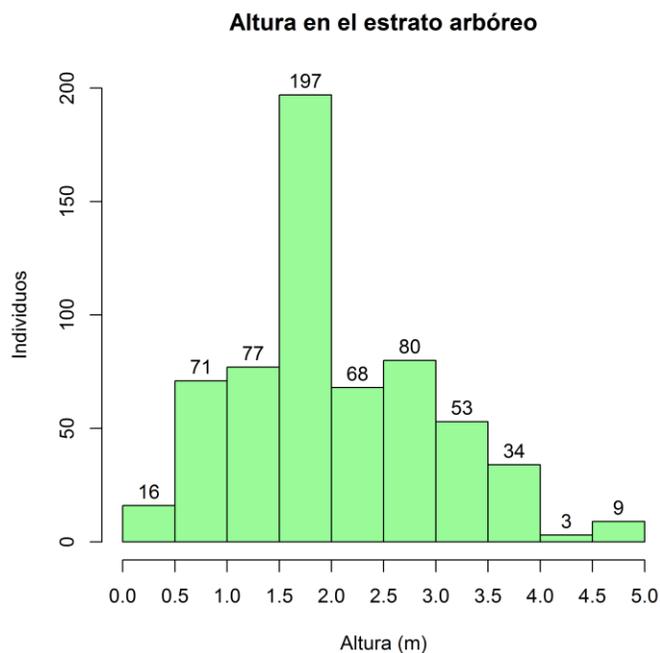


Figura 3: Distribución de la altura de las plantas arborescentes de las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí.

Opuntia leucotricha es la especie arborescente que registra en promedio (285.06 individuos /ha), el mayor valor de densidad absoluta en todas las nopaleras, independientemente de su exposición; aunque su densidad relativa es poco menos del doble en los sitios con exposición norte (Cuadro 13). *Prosopis glandulosa* y *Prosopis*

laevigata, registraron la mayor densidad absoluta (63.54 y 95.84 individuos/ha, respectivamente) y relativa (15.68 y 23.65 %) en las nopaleras de exposición cenital (Cuadro 13); estas nopaleras se distinguen por registrar el estrato arborescente más alto (2.23 m en promedio). *Mytillocactus geometrizans* registró la mayor densidad absoluta y relativa en las nopaleras expuestas al sur (124.8 individuos/ha y 20.61 %, respectivamente; Cuadro 13); en estas nopaleras el estrato arborescente alcanzó una altura promedio de 2.18 m. *Opuntia leucotricha* registró la mayor densidad absoluta y relativa en las nopaleras expuestas al norte (424.5 individuos/ha y 74.65 %, Cuadro 13); estas localidades también se distinguen por ser las de menor altura (1.94 m en promedio).

Cuadro 13. Densidad absoluta (DAP) y relativa (DRP) promedio de las especies arborescentes que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí; agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio.

	CENITAL		SUR		NORTE	
	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %
<i>Acacia farnesiana</i>	0.00	0.00	0.97	0.16	0.00	0.00
<i>Acacia schafnerii</i>	1.45	0.36	8.16	1.35	8.27	1.45
<i>Mytillocactus geometrizans</i>	24.17	5.96	124.80	20.61	16.29	2.86
<i>Opuntia durangensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.15
<i>Opuntia hyptiacantha</i>	4.24	1.05	3.95	0.65	1.44	0.25
<i>Opuntia lasiacantha</i>	0.00	0.00	9.21	1.52	3.83	0.67
<i>Opuntia leucotricha</i>	174.24	42.99	256.45	42.36	424.50	74.64
<i>Opuntia megacantha</i>	13.45	3.32	61.51	10.16	30.14	5.30
<i>Opuntia streptacantha</i>	26.88	6.63	53.63	8.86	27.84	4.90
<i>Opuntia tomentosa</i>	0.00	0.00	8.25	1.36	3.79	0.67
<i>Prosopis glandulosa</i>	63.54	15.68	1.82	0.30	23.65	4.16
<i>Prosopis laevigata</i>	95.84	23.65	76.73	12.67	28.13	4.95
<i>Yucca decipiens</i>	1.50	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00

Arbustivo. En el estrato arbustivo se registraron 1116 plantas de 49 especies diferentes. Con base en la altura de estos ejemplares se determinó que el estrato tiene una altura promedio de 77 cm (con una altura máxima de 3.9 m y una mínima de 0.06 m). El histograma muestra que un número similar de individuos se distribuyen en la clase de 0.06 m a 0.50 m y de 0.51 m a 1 m de altura (Figura 5). Los arbustos de más de dos metros son escasos. Tomando en consideración este resultado y las observaciones en

campo, este estrato se puede subdividir en el arbustivo propiamente dicho (clases de 0.5 a 1 m) y otro subarbustivo (clase de 0.06 a 0.5 m). Sin embargo, se decidió analizarlo como un solo estrato porque no fue posible identificar un conjunto de especies con hábito de crecimiento subarbustivo. La altura de las especies del estrato arbustivo parece estar relacionada con la edad o el daño por herbivoría.

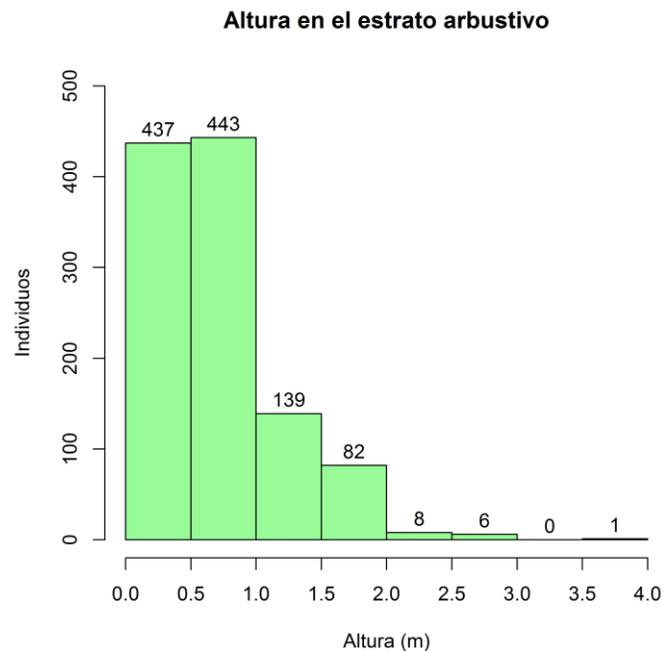


Figura 4: Distribución de la altura de las plantas arbustivas de las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí.

Jatropha dioica y *Mimosa aculeaticarpa* son las especies arbustivas que registran en promedio, la densidad absoluta (de 2,322.47 a 2,752.09 la primera y de 1,507.10 a 2,434.16 individuos/ha, la segunda) y relativa más alta (de 17.52 a 33.16 la primera y de 18.36 % a 23.28 la segunda) en todas las nopaleras, independientemente de su exposición, aunque la densidad relativa de *Jatropha dioica* es mayor en las nopaleras de exposición cenital (Cuadro 14). La densidad absoluta y relativa de especies como *Verbesina oreopola* (1,670.38 individuos/ha y 12.18 %, respectivamente), *Bursera fagaroides* (466.18 y 3.40), *Hechtia glomerata* (354.60 y 2.59) y *Rhus microphylla* (352 y 2.57); registraron valores más altos en las nopaleras expuestas al sur (Cuadro 14); estas

nopaleras se distinguen por registrar el estrato arbustivo más alto (0.93 m. en promedio). Por otra parte, la densidad absoluta y relativa de especies como *Calliandra eriophylla* (1,163.21 individuos/ha y 8.77 %), *Adolphyia infestans* (1,113.85 y 8.40), *Perymenium mendezii* (1,077.39 y 8.13), *Opuntia robusta* (1,006 y 7.59) y *Aloysia gratissima* (486.52 y 3.67) registraron los mayores valores de densidad absoluta y relativa en las nopaleras expuestas al norte (Cuadro 14); en estas comunidades el estrato arbustivo alcanzó una altura promedio de 0.68 m. Finalmente, la densidad absoluta y relativa de especies como *Opuntia rastrera* (704.23 individuos/ha y 8.85 %, respectivamente), *Cylindropuntia leptocaulis* (365.55 y 4.60 %), *Salvia ballotiflora* (298.72 y 3.76), *Acacia constricta* (268.16 y 3.37), *Cylindropuntia imbricata* (267.08 y 3.36), *Condalia fasciculata* (205.74 y 2.59) y *Opuntia cantabrigiensis* (174.22 y 2.19) registraron valores más altos en las nopalera de exposición cenital (Cuadro 14); estas nopaleras se distinguen también por registrar el estrato arbustivo más bajo (0.66 m de altura en promedio).

Cuadro 14. Densidad absoluta (DAP) y relativa (DRP) promedio de las especies arbustivas que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí; agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio

Especie	CENITAL		SUR		NORTE	
	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %
<i>Acacia constricta</i>	268.16	3.37	190.90	1.39	19.03	0.14
<i>Adolphyia infestans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1113.85	8.40
<i>Agave lechuguilla</i>	0.00	0.00	68.19	0.50	42.70	0.32
<i>Agave salmiana</i>	151.76	1.91	174.40	1.27	310.48	2.34
<i>Ageratina spinosarum</i>	0.00	0.00	133.74	0.97	0.00	0.00
<i>Ageratum corymbosum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	95.19	0.72
<i>Aloysia gratissima</i>	0.00	0.00	32.69	0.24	486.52	3.67
<i>Anisacanthus linearis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	28.55	0.22
<i>Berberis trifoliata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	138.04	1.04
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.00	0.00	275.34	2.01	351.53	2.65
<i>Brickellia secundiflora</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	9.52	0.07
<i>Brickellia veronicifolia</i>	137.16	1.72	15.17	0.11	67.42	0.51
<i>Buddleja scordioides</i>	0.00	0.00	22.00	0.16	19.03	0.14
<i>Bursera fagaroides</i>	0.00	0.00	466.18	3.40	0.00	0.00
<i>Calliandra eriophylla</i>	137.16	1.72	392.44	2.86	1163.21	8.77
<i>Ceanothus pauciflorus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	19.03	0.14

<i>Celtis ehrenbergiana</i>	0.00	0.00	129.99	0.95	38.06	0.29
<i>Condalia fasciculata</i>	205.74	2.59	0.00	0.00	9.52	0.07
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	267.08	3.36	21.38	0.16	0.00	0.00
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	365.55	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dalea bicolor</i>	361.64	4.55	1302.21	9.49	1100.42	8.30
<i>Echinocereus cinerascens</i>	134.60	1.69	212.98	1.55	134.41	1.01
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.00	0.00	79.49	0.58	0.00	0.00
<i>Ferocactus histrix</i>	0.00	0.00	495.96	3.62	565.08	4.26
<i>Ferocactus latispinus</i>	26.41	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Flourensia cernua</i>	0.00	0.00	110.00	0.80	0.00	0.00
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	68.58	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Hechtia glomerata</i>	0.00	0.00	354.60	2.59	0.00	0.00
<i>Iresine schaffneri</i>	0.00	0.00	215.99	1.57	180.80	1.36
<i>Jatropha dioica</i>	2637.25	33.16	2752.09	20.06	2322.47	17.52
<i>Larrea tridentata</i>	68.58	0.86	0.00	0.00	9.52	0.07
<i>Lycium berlandieri</i>	13.20	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	1507.10	18.95	3192.76	23.28	2434.16	18.36
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	174.22	2.19	0.00	0.00	47.59	0.36
<i>Opuntia engelmannii</i>	125.78	1.58	1.53	0.01	24.19	0.18
<i>Opuntia microdasis</i>	13.20	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Opuntia rastrera</i>	704.23	8.85	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Opuntia robusta</i>	66.02	0.83	430.00	3.13	1006.00	7.59
<i>Parthenium incanum</i>	84.26	1.06	44.00	0.32	0.00	0.00
<i>Perymenium mendezii</i>	0.00	0.00	104.76	0.76	1077.39	8.13
<i>Plumbago pulchella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	9.52	0.07
<i>Rhus microphylla</i>	0.00	0.00	352.00	2.57	0.00	0.00
<i>Salvia ballotiflora</i>	298.72	3.76	132.00	0.96	28.55	0.22
<i>Senna wislizenii</i>	0.00	0.00	54.00	0.39	114.19	0.86
<i>Stenocactus multicosatus</i>	137.16	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stevia salicifolia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	33.71	0.25
<i>Trixis angustifolia</i>	0.00	0.00	248.87	1.81	9.52	0.07
<i>Verbesina oreopola</i>	0.00	0.00	1670.38	12.18	247.48	1.87
<i>Zaluzania triloba</i>	0.00	0.00	40.92	0.30	0.00	0.00
	7953.58	100.00	13716.96	100.00	13256.66	100.00

Herbáceo. En total, en los transectos se registraron 1216 muestras de hierbas (anuales y perennes) que se distribuyen en 83 especies. Con base en la altura de estas plantas, se determinó que el estrato tiene una altura promedio de 0.31 m (con una altura máxima de 1.5 m y una mínima de 0.01 m). De acuerdo con el histograma, el mayor número de plantas herbáceas se agrupa en la clase de 0.01m a 0.10 m de altura; la clase que ocupa

el segundo lugar es la que agrupa las plantas de 0.25 a 0.50 m de altura. Tomando en consideración este resultado y las observaciones en campo, este estrato se subdividió en el herbáceo propiamente dicho (clases de 0.10 a 1.5 m) y un estrato herbáceo rasante (clase de 0.01 a 0.10 m).

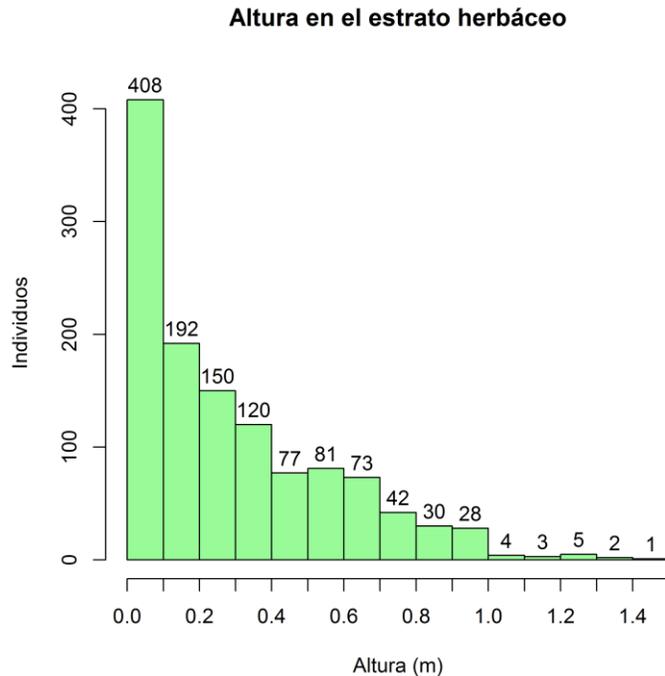


Figura 5. Distribución de la altura de las plantas herbáceas de las nopaleras estudiadas del Valle de San Luis Potosí

En el estrato herbáceo, *Bouteloua curtipendula*, *Melinis repens* y *Pseudognaphalium inornatum* son especies que registraron una densidad absoluta y relativa alta en todas las nopaleras, independientemente de su exposición. Sin embargo, el valor de densidad absoluta de *Bouteloua curtipendula* fue mayor en las localidades con exposición norte (21,252.2 Individuos/ha) y sur (17,802.9) que en la cenital (6,272.34; Cuadro 15), aunque el mayor valor de densidad relativa se registró en las laderas expuestas al sur (16.9 %). En contraste, *Melinis repens* registró valores más altos de densidad absoluta y relativa en las localidades de exposición cenital (20,363.98 plantas/ha y 6.73 %) y sur (13,754.4 y 12.28) que en la norte (5,592.29 y 2.24; Cuadro 15). Por otra parte, el valor de densidad absoluta de *Pseudognaphalium inornatum* fue más alto en las localidades con exposición

norte (11,702.6) y sur (8,890.03) que en la cenital (5,394.86), aunque el mayor valor de densidad relativa se registró en las laderas expuestas al sur (8.45).

En las nopaleras de exposición norte y sur se registraron los mayores valores de densidad absoluta y relativa de *Bouteloua gracilis* (68,756.95 y 22,204.72 individuos/ha y 27.51 y 19.83 %; respectivamente) y *Leptochloa dubia* (25,277.27 y 8,828.259; 11.54 y 8.39, Cuadro15, Figura 8). La densidad absoluta y relativa de *Talinopsis frutescens* (6,056.51 Individuos/ha y 5.41 %) y *Cheillanthes sinuata* (5,009.62 y 4.47) fue mayor en las nopaleras expuestas al sur (Cuadro 15); en estas nopaleras el estrato herbáceo alcanzó la mayor altura promedio (0.46 m.). La densidad absoluta y relativa de *Ambrosia confertiflora* (10,853.32 Individuos/ha y 4.34 %); *Asphodelus fistulosus* (10,174.99 y 4.07) y *Panicum lepidulum* (5,034.32 y 2.01) fue mayor en las nopaleras expuestas al norte (Cuadro 15); en estas comunidades el estrato herbáceo alcanzó una altura promedio de 0.35 m. La densidad absoluta y relativa de *Aristida adscensionis* (40,601.66 Individuos/ha; 30.85 %); *Erioneuron avenaceum* (16,680.22 y 12.67 %) y *Euphrosyne partheniifolia* (8,178.26 y 6.21 %) fue mayor en las nopaleras de exposición cenital (Cuadro 15); estas comunidades se distinguen también por registrar el estrato herbáceo más bajo (0.28 m. de altura en promedio).

Cuadro 15. Densidad absoluta (DAP) y relativa (DRP) promedio de las especies herbáceas que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí; agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio

Especie	CENITAL		SUR		NORTE	
	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %
<i>Achnatherum eminens</i>	0.00	0.00	656.53	0.62	8546.89	3.90
<i>Ambrosia confertiflora</i>	0.00	0.00	122.84	0.12	10853.32	4.96
<i>Aristida adscensionis</i>	40601.66	30.85	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Aristida divaricata</i>	2545.50	1.93	122.84	0.12	3986.30	1.82
<i>Asphodelus fistulosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	10174.99	4.65
<i>Botriochloa barbinodis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2713.33	1.24
<i>Bouteloua aristidoides</i>	2152.17	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Bouteloua curtispindula</i>	6272.34	4.77	17802.90	16.93	21252.20	9.71
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.00	0.00	22204.73	21.11	68756.95	31.40
<i>Bouteloua simplex</i>	3443.48	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Calochortus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	202.94	0.09

<i>Cheillanthes bonariensis</i>	0.00	0.00	3528.76	3.35	5352.16	2.44
<i>Cheillanthes myriophylla</i>	0.00	0.00	488.68	0.46	963.29	0.44
<i>Cheillanthes sinuata</i>	0.00	0.00	5009.62	4.76	1826.50	0.83
<i>Clematis dioica</i>	0.00	0.00	158.52	0.15	0.00	0.00
<i>Commelina tuberosa</i>	0.00	0.00	317.04	0.30	2072.96	0.95
<i>Conyza</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	811.78	0.37
<i>Cyperus spectabilis</i>	860.87	0.65	1843.91	1.75	2123.31	0.97
<i>Dalea sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	592.27	0.27
<i>Digitaria californica</i>	0.00	0.00	1050.38	1.00	1184.55	0.54
<i>Echeveria elegans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	592.27	0.27
<i>Eragrostis intermedia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1420.61	0.65
<i>Eragrostis mexicana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	202.94	0.09
<i>Eragrostis sp.</i>	0.00	0.00	214.93	0.20	678.33	0.31
<i>Erioneuron avenaceum</i>	16680.2	12.67	0.00	0.00	296.14	0.14
<i>Euphrosyne partheniifolia</i>	8178.26	6.21	158.52	0.15	0.00	0.00
<i>Gibasis karwinskiana</i>	0.00	0.00	244.34	0.23	296.14	0.14
<i>Gibasis linearis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2029.45	0.93
<i>Herissantia crispa</i>	0.00	0.00	475.56	0.45	0.00	0.00
<i>Heterosperma pinnata</i>	0.00	0.00	498.01	0.47	0.00	0.00
<i>Houstonia rubra</i>	1668.02	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Laennecia schiedeana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	678.33	0.31
<i>Laennecia sophiifolia</i>	4157.27	3.16	2199.05	2.09	202.94	0.09
<i>Leptochloa dubia</i>	0.00	0.00	8828.25	8.39	25277.27	11.54
<i>Lopezia sp.</i>	0.00	0.00	996.01	0.95	0.00	0.00
<i>Lycurus phleoides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	405.89	0.19
<i>Melinis repens</i>	20364	15.47	13754.40	13.08	5592.29	2.55
<i>Menodora coulteri</i>	1668.02	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mirabilis sp.</i>	0.00	0.00	823.30	0.78	0.00	0.00
<i>Muhlenbergia plúmbea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2281.04	1.04
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1420.61	0.65
<i>Nasella leucotricha</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	296.14	0.14
<i>Nicotiana glauca</i>	0.00	0.00	244.34	0.23	0.00	0.00
<i>Oxalis decaphylla</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	405.89	0.19
<i>Panicum lepidulum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	5034.32	2.30
<i>Panicum obtusum</i>	3726.84	2.83	0.00	0.00	1776.82	0.81
<i>Physalis philadelphica</i>	0.00	0.00	644.79	0.61	1356.66	0.62
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1420.61	0.65
<i>Plantago linearis</i>	3336.04	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pseudognaphalium inornatum</i>	5394.86	4.10	8890.03	8.45	11702.61	5.34
<i>Salsola kali</i>	430.43	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Scopulophila parryi</i>	0.00	0.00	456.12	0.43	0.00	0.00
<i>Setaria grisebachii</i>	0.00	0.00	630.84	0.60	0.00	0.00
<i>Setaria macrostachya</i>	4267.24	3.24	6269.63	5.96	6430.77	2.94

<i>Solanum elaeagnifolium</i>	860.87	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Solanum nigrescens</i>	0.00	0.00	488.68	0.46	0.00	0.00
<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2035.00	0.93
<i>Talinopsis frutescens</i>	1668.02	1.27	6056.51	5.76	3307.19	1.51
<i>Tradescantia crassifolia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	405.89	0.19
<i>Tripogandra purpuracens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	583.12	0.27
<i>Verbesina rothrockii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	592.27	0.27
<i>Villardia aristata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	811.78	0.37
<i>Zinnia acerosa</i>	3336.04	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00
	131612.15	100.00	105180.05	100.00	218947.07	100.00

Rasante. El estrato rasante tuvo una altura promedio de 0.04 m (con una altura máxima de 0.40 m y una mínima de 0.01 m). Aunque en todos los sitios de muestreo se registraron especies de hábito rastrero, no en todas las nopaleras se forma un estrato definido. Algunas especies como *Aphanostephus ramosissimus*, *Dichondra argentea* y *Sida abutilifolia* se registraron en varias nopaleras, independientemente de su exposición cardinal, sin embargo, su densidad absoluta y relativa fue mayor en las nopaleras de orientación cenital (45,217.69, 22,271.97 y 21,619.08 individuos/ha y 11.54, 5.68 y 5.52 %, respectivamente) que en la que se orientan al norte (3,133.48, 9,124.50 y 592.27 y 1.25, 3.65, 0.24) o al sur (214.93, 2,456.81, 671.05 y 0.19, 2.19 y 0.60; Cuadro 16). *Bouteloua stolonifera* (89,444.10 individuos/ha y 22.83 %), *Dasyochloa pulchella* (23,869.67 y 6.09) y *Scleropogon brevifolius* (8,608.70 y 2.20) únicamente se registraron en las nopaleras de exposición cenital; estas comunidades se distinguen por presentar el estrato rasante más bajo (0.05 m en promedio). La densidad absoluta y relativa de *Bouteloua dactyloides* (737.04 individuos/ha y 0.66 %) y *Loeselia caerulea* (996.01 y 0.89) fue mayor en las nopaleras orientadas al sur, así como la densidad relativa de *Tragia nepetifolia* (1.10, Cuadro 16); en estas comunidades el estrato rasante alcanzó una altura promedio de 0.08 m. La densidad absoluta y relativa de *Drymaria laxiflora* (4064.65 individuos/ha y 1.63 %, respectivamente) y *Guilleminea densa* (640.12 y 0.26) fue mayor en las nopaleras orientadas al norte; así como la densidad relativa de *Microchloa kunthii* (8947.66; 3.58, Cuadro 16); en estas comunidades el estrato rasante alcanzó una altura promedio de 0.09 m.

Cuadro 16. Densidad absoluta (DAP) y relativa (DRP) promedio de las especies herbáceas rasantes que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí; agrupadas con base en la exposición geográfica del sitio

Especie	CENITAL		SUR		NORTE	
	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %	DAP Ind/ha	DRP %
<i>Acalypha phleoides</i>	5,004.07	1.28	0.00	0.00	405.89	0.16
<i>Aphanostephus ramosissimus</i>	45,217.69	11.54	214.93	0.19	3,133.48	1.25
<i>Bahia absinthifolia</i>	4,734.78	1.21	0.00	0.00	296.14	0.12
<i>Bouteloua dactyloides</i>	0.00	0.00	737.04	0.66	0.00	0.00
<i>Bouteloua stolonifera</i>	89,444.10	22.83	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cerdia congestiflora</i>	1291.30	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dasyochloa pulchella</i>	23,869.67	6.09	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dichondra argentea</i>	22,271.97	5.68	2,456.81	2.19	9,124.50	3.65
<i>Dischoriste decumbens</i>	430.43	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Drymaria arenarioides</i>	11,959.40	3.05	0.00	0.00	678.33	0.27
<i>Drymaria laxiflora</i>	3,873.91	0.99	488.68	0.44	4,064.65	1.63
<i>Euphorbia prostrata</i>	5,881.54	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Evolvulus alsinoides</i>	3,855.36	0.98	0.00	0.00	2,236.92	0.89
<i>Guilleminea densa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	640.12	0.26
<i>Loeselia caerulea</i>	0.00	0.00	996.01	0.89	296.14	0.12
<i>Microchloa kunthii</i>	10,008.13	2.55	0.00	0.00	8,947.66	3.58
<i>Portulaca oleracea</i>	860.87	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Scleropogon brevifolius</i>	8,608.70	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sida abutilifolia</i>	21,619.08	5.52	671.05	0.60	592.27	0.24
<i>Tragia nepetifolia</i>	1,272.75	0.32	1,232.37	1.10	592.27	0.24

5.2. Composición florística

Con base en el registro de 2,947 muestras de plantas y en la recolección de 280 especímenes, se elaboró una lista de 182 especies que se distribuyen en 137 géneros y 51 familias (Apéndice 1). La familia con más riqueza es Poaceae con 35 especies, le siguen en importancia Asteraceae con 32 y Cactaceae con 22 (Cuadro 17).

Cuadro 17. Riqueza biológica de géneros y especies de las principales familias de plantas presentes en las nopaleras del Valle de San Luis Potosí.

Familia	Géneros	Especies
Poaceae	19	35
Asteraceae	27	32
Cactaceae	8	22
Commelinaceae	4	5
Caryophyllaceae	3	4
Crassulaceae	3	4
Euphorbiaceae	4	4
Fabaceae	4	4
Mimosaceae	4	7
Solanaceae	4	5

Los géneros con más riqueza fueron *Opuntia* con 13 especies, *Bouteloua* con seis, *Cheilanthes* y *Muhlenbergia* con tres cada uno. El resto tiene una o dos especies.

Por su forma de vida, predominan las hierbas perennes con 95 especies, le siguen los arbustos con 53 y las hierbas anuales con 25. Las plantas arborescentes son las menos diversas con 13 especies (Apéndice 1). De las hierbas, 26 son de hábito rastrero, tres son trepadoras y dos epífitas.

Por su origen geográfico, únicamente seis especies son introducidas (*Asphodelus fistulosus*, *Bryophyllum delagoense*, *Cenchrus ciliaris*, *Eragrostis* sp., *Melinis repens* y *Nicotiana glauca*). De las especies introducidas, son consideradas invasoras: *Asphodelus fistulosus*, *Bryophyllum delagoense*, *Melinis repens* y *Cenchrus ciliaris*. El resto de las especies son nativas de México, y de ellas 39 (21.42 %) restringen su distribución geográfica al territorio nacional (Apéndice 1). Entre las endémicas de México, predominan las cactáceas con 16 especies y las asteráceas con 10.

En la lista roja de IUCN (2010) están incluidas 23 especies recolectadas en las nopaleras. De ellas, una es Asparagaceae, otra Aspholedaceae, 17 Cactaceae, tres Fabaceae y una Poaceae. En la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT 2010 (Anónimo, 2010), están incluidas sólo dos especies: la biznaga barril de acitrón (*Ferocactus histrix*) y la biznaga de la Sierra de Bocas (*Mammillaria bocasana*). Ambas con el status de protección especial (Pr; Cuadro 18).

Cuadro 18. Especies de la flora de las nopaleras incluidas en la lista roja de la IUCN y en la Norma Oficial Mexicana 059. ¹Especie endémica de México, ³especie introducida; LC = Least Concern, NT = Near Threatened, DD = Data Deficient, Pr = Protección Especial.

Familia	Especie	IUCN	NOM 059
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	Preocupación menor (LC)	
Asphodelaceae	³ <i>Asphodelus fistulosus</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	<i>Echinocereus cinerascens</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Ferocactus histrix</i>	Casi amenazado (NT)	Pr
Cactaceae	¹ <i>Ferocactus latispinus</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Mammillaria bocasana</i>	Preocupación menor (LC)	Pr
Cactaceae	¹ <i>Mammillaria magnimamma</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	<i>Opuntia engelmannii</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Opuntia hyptiacantha</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Opuntia leucotricha</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Opuntia microdasys</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Opuntia streptacantha</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	¹ <i>Opuntia tomentosa</i>	Preocupación menor (LC)	
Cactaceae	<i>Stenocactus multicosatus</i>	Datos Insuficientes (DD)	
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i>	Preocupación menor (LC)	
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Preocupación menor (LC)	
Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i>	Preocupación menor (LC)	
Poaceae	¹ <i>Sporobolus trichodes</i>	Preocupación menor (LC)	

Opuntia leucotricha y *Prosopis laevigata* fueron las especies arborescente de más amplia distribución geográfica en las nopaleras del valle de San Luis Potosí, pues ambas se registraron en 16 de las 19 localidades. En el estrato arbustivo destacan *Mimosa aculeaticarpa* que se registró en las 19 nopaleras muestreadas y *Jatropha dioica*, en 17. En el estrato herbáceo sobresalen *Bouteloua curtispindula* que fue registrada en 14 localidades y *Bouteloua gracilis* en 13. En el estrato rasante *Dichondra argentea* se registró en siete localidades y *Drymaria laxiflora* en seis. En contraste, 64 especies de los diferentes estratos se registraron solo en alguna de las 19 localidades.

En total se registraron 69 especies en las localidades con exposición cenital, el número de especies por localidad varió de 26 (TECHC) a 31 (URBAC), con un promedio de 28.25 especies por sitio (Figura 8). *Prosopis laevigata* fue la única especie arborescente que se

registró en las cuatro localidades de exposición cenital; en el estrato arbustivo, además de *Mimosa aculeaticarpa*, se registraron en las cuatro localidades *Cylindropuntia imbricata* y *Jatropha dioica*, al igual que, *Dasyochloa pulchella*, *Dichondra argentea* y *Sida abutilifolia* en el estrato herbáceo. En contraste, 41 especies se registraron solo en alguna de ellas.

En total se registraron 100 especies en las localidades con exposición norte, el número de especies por localidad varió de 14 (VANEN) a 44 (TROJN), con un promedio de 27.85 especies por sitio (Figura 8). *Opuntia leucotricha* fue la única especie arborescente que se registró en las siete nopaleras expuestas al norte; en el estrato arbustivo, además de *Mimosa aculeaticarpa* destacaron *Ferocactus histrix*, *Jatropha dioica* y *Opuntia robusta* pues se registraron en seis y en el estrato herbáceo *Bouteloua gracilis* se registró en las siete localidades. En contraste, 39 especies se registraron solo en alguna de ellas.

En total, se registraron 79 especies en las localidades de exposición sur. El número de especies por localidad varió de 17 (UMBRS y VANES) a 32 (TROJS), con un promedio de 24.2 especies por sitio (Figura 8). En las nopaleras expuestas al sur, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia leucotricha* y *Prosopis laevigata* se registraron en siete de las ocho localidades; en el estrato arbustivo, *Jatropha dioica* se registró en siete y *Verbesina oreopola* en seis; en el estrato herbáceo, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Leptochloa dubia* se registraron en seis. En contraste, 39 especies se registraron solo en alguna de ellas.

5.3 Análisis de la riqueza florística

Con base en el conteo, se encontró que el número de especies de plantas vasculares por localidad varía de 14 (VANEN) a 44 (TROJN), con un promedio de 27 especies por sitio (Figura 6).

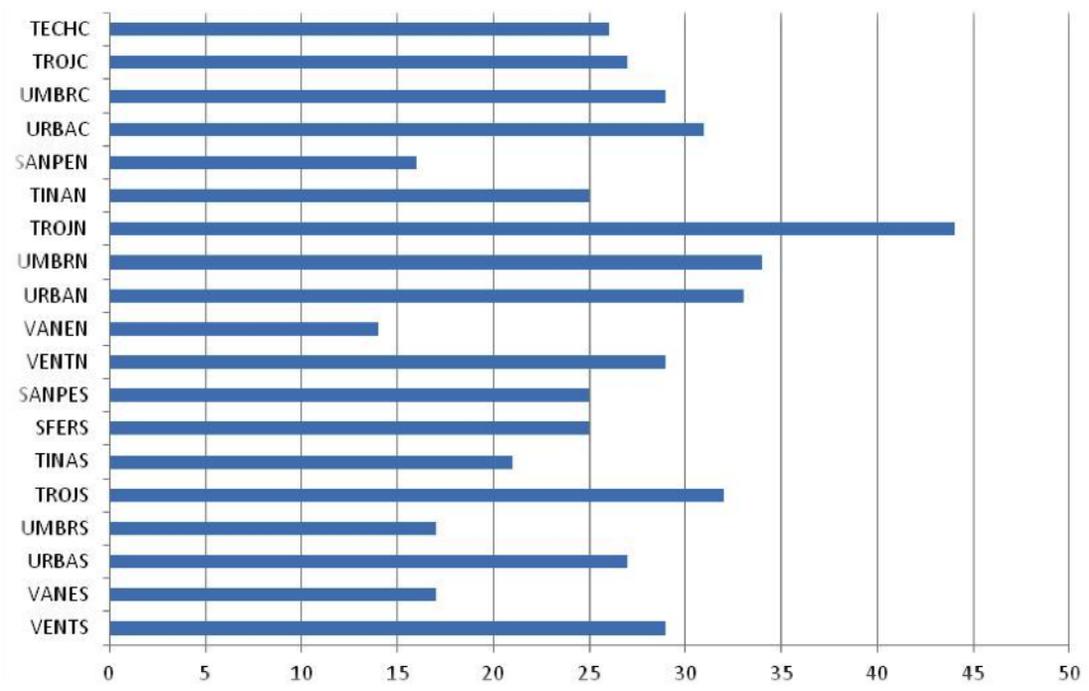


Figura 6. Número de especies de plantas vasculares registradas para las 19 nopaleras muestreadas del valle de San Luis Potosí. Las nopaleras se agruparon con base en su exposición y se ordenaron alfabéticamente.

5.4. Influencia de la exposición cardinal

Con base en las pruebas de ANOVA, la riqueza de especies de árboles y arbustos; la cobertura aérea y el área basal de los estratos herbáceo, arbustivo y arborescente; así como la densidad de los estratos arborescente y arbustivo es similar entre los sitios; sin importar su orientación cardinal. Solo se encontró diferencia significativa en la densidad del estrato herbáceo ($F= 8.949$, $P= 0.00246$, $gl = 2$; Cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de varianza de los atributos estructurales de las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí, agrupadas con base en su exposición geográfica. Clave RE (Riqueza de especies de árboles y arbustos), CAE1 (Cobertura aérea del estrato herbáceo), CAE2 (Cobertura aérea del estrato arbustivo), CAE3 (Cobertura aérea del estrato arbóreo), ABA1 (Área basal del estrato herbáceo), ABA2 (Área basal del estrato arbustivo), ABA3 (Área basal del estrato arbóreo); DEN1 (Densidad del estrato herbáceo), DEN2 (Densidad del estrato arbustivo), DEN3 (Densidad del estrato arbóreo)

SITIO	RE	CAE 1	CAE 2	CAE 3	ABA 1	ABA 2	ABA 3	DEN 1	DEN 2	DEN 3
TECHC	19	3,731	6,021	829	362	749	15	596,294	4,225	209
TROJC	12	6,875	4,242	302	429	245	6	533,767	4,025	60
UMBRC	18	4,728	2,596	2,128	292	317	54	244,368	13,168	810
URBAC	12	4847	5,716	4,303	263	73	35	192,835	10,396	542
SANPEN	10	14,030	13,240	1,349	862	172	13	196,438	4,742	461
TINAN	16	7,317	10,272	1,074	533	204	14	215,081	14,613	236
TROJN	18	4,713	7,515	1,658	508	356	33	227,298	21,321	404
UMBRN	25	2,222	5,255	3,800	134	81	64	106,448	6,395	1,632
URBAN	9	5,439	2,012	713	735	198	10	248,755	7,951	247
VANEN	7	7,032	7,280	1,818	925	267	31	375,802	8,786	868
VENTN	15	9,267	2,967	473	824	472	8	379,866	28,989	133
SANPES	13	2,242	9,214	2,819	381	218	45	66,825	11,666	798
SFERS	13	6,796	9,615	3,205	196	373	39	117,283	17,054	398
TINAS	13	3,856	8,312	1,065	315	264	14	145,958	25,437	399
TROJS	22	8,200	6,017	2,032	461	406	43	159,362	14,080	654
UMBRN	12	11,206	2,676	6,237	339	386	98	67,290	17,279	1,657
URBAS	16	4,182	10,248	2,019	139	664	24	50,726	8,292	316
VANES	11	7,667	2,856	1,384	919	378	33	150,815	14,266	467
VENTS	20	7,358	4,138	976	753	171	13	137,556	1,662	155
F 2 gl	0.062	0.608	0.692	0.679	2.329	0.752	0.713	8.949	0.886	0.251
P	0.94	0.556	0.515	0.521	0.13	0.487	0.505	0.00246 **	0.432	0.781

5.4. Ordenación de los sitios de muestreo

Con base en el análisis de componentes principales son necesarios diez componentes para acumular el 100 % de la varianza. Sin embargo, si se seleccionan los dos primeros, se obtiene una varianza acumulada de 52.46 % (Cuadro 20).

Cuadro 20. Valores propios (eigenvalores) de los componentes principales obtenidos de diez variables estructurales de las nopaleras del valle de San Luis Potosí.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
Varianza	3.463	1.783	1.259	1.160	0.845	0.683	0.388	0.305	0.078	0.036
% de varianza	34.631	17.833	12.591	11.600	8.450	6.828	3.877	0.305	0.078	0.036
% de varianza acumulada	34.631	52.464	65.055	76.655	85.105	91.933	95.810	98.864	99.644	100

La importancia o peso de las variables en relación con los componentes principales indica que el área basal (0.5018), la cobertura aérea (0.4931) y la densidad (0.4746) del estrato arbóreo son las de mayor peso en la primera dimensión. Por otra parte, en la dimensión dos, las que más pesan son la cobertura aérea (0.5693) y el área basal (0.4711) del estrato herbáceo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Pesos de las variables en los componentes principales calculados para las nopaleras del valle de San Luis Potosí. Clave RE (Riqueza de especies de árboles y arbustos), CAE1 (Cobertura aérea del estrato herbáceo), CAE2 (Cobertura aérea del estrato arbustivo), CAE3 (Cobertura aérea del estrato arbóreo), ABA1 (Área basal del estrato herbáceo), ABA2 (Área basal del estrato arbustivo), ABA3 (Área basal del estrato arbóreo); DEN1 (Densidad del estrato herbáceo), DEN2 (Densidad del estrato arbustivo), DEN3 (Densidad del estrato arbóreo)

	Dim.1	Dim.2
RE	0.1628	-0.5006
CAE.1	-0.1066	0.5693
CAE.2	-0.0450	0.0024
CAE.3	0.4931	0.1538
ABA.1	-0.3281	0.4711
ABA.2	-0.0992	-0.3347
ABA.3	0.5018	0.1060
DEN.1	-0.3457	-0.1670
DEN.2	0.0522	0.0656
DEN.3	0.4746	0.1546

La ordenación de los sitios sobre el eje o dimensión uno que se muestra en la Figura 7, corresponde en lo general a una tendencia ascendente de los valores de los atributos estructurales del estrato arborescentes, de izquierda a derecha (ver Figuras 8, 9 y 10; en el apéndice 3) Las que registran los valores más bajos se ubican a la izquierda y las que registran los valores más altos a la derecha. Por la posición del centroide de los sitios de exposición cenital (cuadro en negro) y norte (cuadro en rojo) en la Figura 7, se asume que en ambos el número de individuos por hectárea, su área basal y cobertura aérea es menor que las que se registran en las localidades de exposición sur (cuadro en verde). En particular, TROJC es la que registró los valores más bajos de densidad, área basal y cobertura aérea absoluta (60 individuos/ha , 6 m², 302 m²), le sigue VENTN (133, 8, 473), TECHC (209, 15, 829), URBAN (247, 10, 713), VENTS (155, 13, 976), SANPEN (461, 13, 1,349), TINAN (236, 14, 1,074), VANEN (868, 30, 1,818), VANES (467, 33, 1,384), TINAS (399, 14, 1,065, 13), TROJN (403, 32, 1658), URBAS (316, 24, 2,019), TROJS (654, 43,

2031), SFERS (398, 39, 3,204), UMBRC (810, 54, 2128), URBAC (542, 34.7, 4,303), SAPES (798, 45, 2819), UMBRN (1,642, 64, 3,800), UMBRS (1,657, 98, 6,237, 12).

Por otra parte, la ordenación de los sitios sobre el eje o dimensión 2 que se muestra en la Figura 7, corresponde en lo general a una tendencia ascendente de los valores de dos atributos estructurales del estrato herbáceo, de abajo hacia arriba (ver Figuras 11 y 12; en el apéndice 3). Por la ubicación del centroide que agrupa a los sitios con base en su exposición, la cobertura aérea y el área basal del estrato herbáceo es menor en las localidades de exposición cenital (cuadro en negro en la Figura 7) que en las expuestas al norte (cuadro en rojo en la Figura 7) o al sur (cuadro en verde en la Figura 7). En particular, TECHC registró un valor bajo de cobertura aérea y área basal del estrato herbáceo (3,731m²/ha y 362 m²/ha); le siguen URBAS (con 4,182 y 139), UMBRN (2,222 y 134), UMBRC (4,728 y 292), TINAS (3856 y 315), TROJN (4,713 y 508), TROJS (8,200 y 381), TROJC (6,875 y 429), SAPES (2,242 y 381), SFERS (6,796 y 196), VENTS (7,358 y 753), TINAN (7,317 y 533), URBAC (4,847 y 263), VENTN (9,267 y 824), URBAN (5,439 y 735), VANES (7,667 y 919), VANEN (7,032 y 925), UMBRS (11,206 y 339) y SANPEN (14,030 y 862).

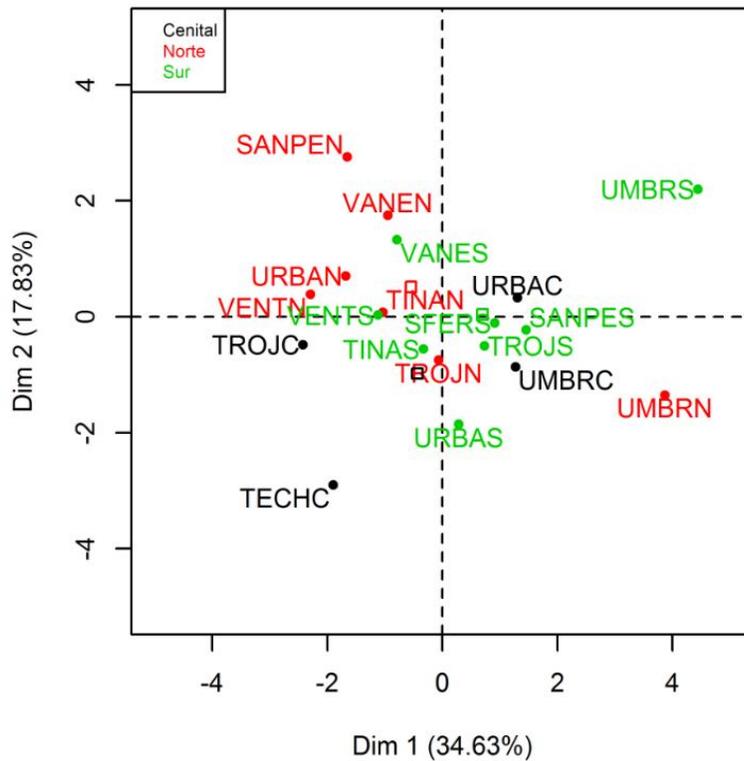


Figura 7. Ordenación de las nopaleras del valle de San Luis Potosí con base en los dos primeros ejes del análisis de componentes principales. La letra y el cuadro en color verde destacan los sitios con exposición sur, en rojo lo de exposición norte y en negro los cenitales.

Grado de deterioro del matorral crasicaule en el valle de San Luis Potosí

A partir de los inventarios estructurales cuantitativos, ordenamiento y la composición florísticas de los sitios, se propone definir tres grados de deterioro de las nopaleras del valle de San Luis Potosí (alto, moderado y bajo) con base en siete criterios, cinco seleccionados con apoyo del análisis de componentes principales (densidad, área basal y cobertura aérea del estrato arborescente y cobertura aérea y área basal del estrato herbáceo) y dos más (densidad y cobertura aérea de las plantas arborescentes de *Opuntia*), de acuerdo con la definición del tipo de matorral crasicaule que se eligió para desarrollar la presente investigación (Cuadro 22).

Cuadro 22. Criterios para definir el grado de deterioro del matorral crasicuale del valle de San Luis Potosí con base en variables estructurales de las nopaleras

CRITERIO	GRADO DE DETERIORO		
	ALTO	MODERADO	BAJO
Densidad de plantas arborescentes	Menos de 400 plantas/ha	De 400 a 600 plantas/ha	Más de 600 plantas/ha
Área basal de plantas arborescentes	Menos 30 m ² /ha	De 30 – 50 m ² /ha	Más de 50 m ² /ha
Cobertura aérea de plantas arborescentes	Menos de 1,500 m ² /ha	De 1,500 a 2500 m ² /ha	Más de 2,500 m ² /ha
Área basal de planta herbáceas	Menos de 400 m ² /ha	De 400 a 600 m ² /ha	Más de 600 m ² /ha
Cobertura aérea de plantas herbáceas	Menos de 5,000 m ² /ha	De 5,000 – 7,000 m ² /ha	Más de 7,000 m ² /ha
Densidad de especies de <i>Opuntia</i>	Menos de 400 plantas/ha	De 400 – 600 plantas/ha	Más de 600 plantas/ha
Cobertura aérea de especies de <i>Opuntia</i>	Menos de 1,300 m ² /ha	De 1,300 – 1,700 m ² /ha	Más de 1,400 m ² /ha

El peso que le asigna el análisis de componentes principales a las variables relacionadas con el estrato arborescente en la dimensión uno y el ordenamiento de los sitios de mayor a menor densidad, área basal y cobertura aérea; sugieren que las nopaleras con menor densidad, área basal y cobertura aérea de especies arborescentes están más deterioradas que las que registran valores más altos. Con base en estos criterios, se asume que el sitio de exposición cenital que muestra mayor grado de deterioro es el que se ubica cerca de las Trojes, municipio de Zaragoza pues en él se registraron los siguientes valores por hectárea: densidad de 60 plantas arborescentes, área basal de 6 m² y una cobertura aérea de 302 m² (Cuadro, 23); el grado de deterioro continua en orden descendente con TECHC (209; 15 y 829, respectivamente), URBAC (542, 35 y 4,303, respectivamente) y UMBRC (810, 54 y 2,128; Cuadro 23); de las nopaleras expuestas al sur, la que muestra el mayor grado de deterioro es la que se ubica cerca de Ventura (VENTS) pues en ella se registraron los siguientes valores por hectárea: densidad de 155 plantas arborescentes, área basal de 13 m² y una cobertura aérea de 976 m² (Cuadro 23);

el grado de deterioro tiende a disminuir en el siguiente orden TINAS (399, 14 y 1,065), URBAS (316, 24 y 2,019, respectivamente); SFERS (398, 39 y 3,205); VANES (467, 33 y 1,384); TROJS (654, 43, 2,032); SAPES (798, 45 y 2,819) y UMBRS (1,657, 98 y 6,237; Cuadro 23); de las nopaleras expuestas al norte, el mayor grado de deterioro le debe corresponder a la que se ubica cerca de Ventura, pues en ella se registraron los siguientes valores por hectárea: densidad 133 plantas arborescentes, área basal de 8 m² y cobertura aérea 473 m² (Cuadro 23) el grado de deterioro tiende a disminuir en el siguiente orden URBAN (con 247, 10 y 713), TINAN (con 236, 14 y 1,073, respectivamente), TROJN (con 404, 32, 1,685), SAPEN (con 461, 13 y 1,348), VANEN (con 868, 31 y 1,818) y URBAN (con 1,632, 64 y 3,800; Cuadro 23).

Asimismo, el peso que le asigna el análisis de componentes principales en la dimensión dos, a las variables relacionadas con el estrato herbáceo y el ordenamiento de los sitios de mayor a menor cobertura aérea y área basal de las hierbas, sugieren que la nopalera con menor cobertura aérea y área basal de especies herbáceas estén más deterioradas que las que registran valores más altos. Con base en estos criterios, se asume que el sitio de exposición cenital más deteriorado es el que se ubica cerca de Techa, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, pues ahí se registraron los siguientes valores por hectárea: cobertura aérea 3,731 m² y área basal 362 m² (Cuadro 23); el deterioro tiende a disminuir en el siguiente orden UMBRC (4,728 y 292), URBAC (4,847 y 263) y TROJC (6,875 y 429, Cuadro 23). De las expuestas al sur el mayor grado de deterioro le debe corresponder a la nopalera que se ubica cerca de Los Urbanos (URBAS) pues en ellas se registraron los siguientes valores por hectárea: cobertura aérea 4,182 m² y área basal 139 m² (Cuadro 23), el deterioro tiende a disminuir con base en el siguiente orden TINAS (3,856 y 315), TROJS (8,200 y 461), SAPES (2,242 y 381), SFERS (6,796 y 196), VENTS (7,358 y 753), VANES (7,667 y 919) y UMBRS (11,206 y 339; Cuadro 23); de las nopaleras expuestas al norte, el mayor grado de deterioro ecológico le debería corresponder a la que se ubica cerca de Valle Umbroso (UMBRN), pues en ella se registraron los siguientes valores por hectárea: cobertura aérea 2,222 m² y área basal 134 m² (Cuadro 23), el grado de deterioro tiende a disminuir con base en el siguiente orden TROJN (4,713 y 508), URBAN (5,439 y 735), VANEN (7,031 y 925), TINAN (7,317 y 533), VENTN (9,267 y 824) y SAPEN (14,030 y 862; Cuadro 23).

Cuadro 23. Valores absolutos de los criterios utilizados para definir el grado de deterioro del matorral crasicaule del valle de San Luis Potosí con base en la estructura y composición florística de las nopaleras. Clave. DENArb, ABAArb y CAEArb = densidad, área basal y cobertura aérea del estrato arborescente, DENOpu y CAEOpu = densidad y cobertura aérea de plantas de *Opuntia*, ABAHer y CAEHer = área basal del estrato herbáceo y cobertura aérea del estrato herbáceo, °DET = grado de deterioro, A = alto, M = Moderado y B = bajo.

	DENArb	°DET	ABAArb	°Det	CAEArb	°Det	DENOpu	°Det	CAEOpu	°DET	ABAHer	°Det	CAEHer	°Det
TEHC	209.37	A	14.75	A	829.2	A	81.42	A	318.88	A	361.91	A	3731.15	A
URBAC	542.17	M	34.7	M	4303.36	B	135.54	A	420.18	A	262.75	A	4846.98	A
TROJC	59.98	A	6.34	A	302.4	A	50.98	A	175.34	A	428.72	M	6874.88	M
UMBRC	809.7	B	54	B	2128.29	M	607.18	B	947.28	A	291.57	A	4728.21	A
SAPES	797.89	B	44.56	M	2818.83	B	548.54	M	2006.33	B	381.16	A	2242.5	A
TROJS	654.31	B	42.53	M	2031.93	M	449.84	M	1293.95	A	460.71	M	8200.24	B
SFERS	398.01	A	38.61	M	3204.76	B	268.65	A	1548.62	M	196.23	A	6796.17	M
VANES	466.86	A	32.68	M	1384.09	A	408.51	M	1317.18	M	919.22	B	7667.5	B
TINAS	398.89	A	14.49	A	1064.71	A	99.72	A	407.81	A	314.52	A	3855.82	A
VENTS	155.28	A	12.51	A	976.09	A	104.8	A	525.89	A	753.13	B	7358.17	B
UMBRS	1,656.94	B	98.42	B	6237	B	1173.67	B	2986.62	B	338.86	A	11206.2	B
URBAS	315.61	A	24.21	A	2019.49	M	90.17	A	345.9	A	138.7	A	4181.85	A
SAPEN	461.09	M	12.52	A	1348.99	A	414.98	M	760.84	A	861.62	B	14029.6	B
TROJN	403.83	M	32.5	M	1658.5	M	363.45	A	1566.84	M	508.04	M	4713.2	A
TINAN	235.87	A	13.84	A	1073.95	A	129.73	A	639.41	A	532.52	M	7316.94	B
VENTN	132.57	A	7.94	A	472.89	A	89.48	A	358.38	A	823.98	B	9267.11	B
UMBRN	1,632.49	B	64.13	B	3799.77	B	1428.43	B	1866.93	B	134.05	A	2221.94	A
URBAN	246.99	A	10.17	A	713.36	A	185.24	A	401.91	A	735.34	B	5439.32	M
VANEN	868.24	B	30.57	B	1,817.62	M	823.06	B	1715.05	B	925.26	B	7,031.78	B

5.5. Análisis de agrupamiento

El dendrograma que ilustra el agrupamiento de los sitios con base en la presencia o ausencia de las especies de plantas vasculares muestra que en general, los sitios se agrupan con base en su exposición cardinal y en su cercanía geográfica (Figura 17). Con un índice de disimilitud de 0.8, se forman dos conjuntos bien definidos que diferencian las flóculas de los cuatro sitios con orientación cenital de los 15 sitios restantes con exposición al norte o al sur.

Las especies indicadoras de los 15 sitios del primer conjunto (grupo A), con un nivel de significancia de 0.05 son *Bouteloua gracilis* (0.006**), *Ferocactus hystrix* (0.015*) y *Leptochloa dubia* (0.023*, el asterisco indica el nivel de significancia). Las tres especies se distinguen porque únicamente están presente en casi todos los sitios del grupo A. *Bouteloua gracilis* está presente en 13, únicamente falta en SFERS y UMBRS (Cuadros 6 y 8); *Ferocactus hystrix* está presente en 11, falta SFERS, TINAS, VENTS y VENTN (Cuadros 6, 7, 10) *Leptochloa dubia* también está presente en 11, pero está ausente en SAPES, VANES, SAPEN y VENTN (Cuadros 5, 6, 9, 10).

Las especies indicadoras de los cuatro sitios del grupo B, es decir, las localidades en exposición cenital, con un nivel de significancia de 0.05, son *Opuntia rastrera* (0.001***), *Cylindropuntia imbricata* (0.005**), *Dasyochloa pulchela* (0.007**), *Aristida adscencionis* (0.042*), *Euphorbia prostrata* (0.042*) y *Cylindropuntia leptocaulis* (0.032*). Estas especies están presentes en la mayoría de ellos, pero ausentes en casi todos los sitios del grupo A. *Opuntia rastrera* está presente únicamente en los sitios del grupo B. *Cylindropuntia imbricata* está presente en TECHC y URBAC, pero ausente en TROJC y UMBRC (Cuadro 3 y 4). *Dasyochloa pulchela* únicamente está ausente TECHC (Cuadro 3). *Aristida adscencionis* y *Euphorbia prostrata* están ausentes en TECHC y URBAC (Cuadro 3). *Cylindropuntia leptocaulis* está ausente en TROJC y UMBRC (Cuadro 4).

Con un nivel de disimilitud de 0.78, el grupo A se puede subdividir en un grupo de nueve sitios (A1) y otro de seis (A2). Las especies indicadoras de los nueve sitios del subgrupo A1 son *Bouteloua gracilis* (0.001***) y *Cheillanthes bonariensis* (0.041*). *Bouteloua gracilis* se distingue porque está presente en todos los sitios del subgrupo A1, aunque también se registró en cuatro localidades del subgrupo A2 (TINAS, URBAS, UMBRN y URBAN; Cuadros 7, 8 y 11), *Cheillanthes bonariensis* está presente en la mayoría de los sitios del subgrupo A1, excepto en VENTS, SAPEN y TROJN (Cuadros 7 y 9). En general, el índice de disimilitud entre los sitios del subgrupo A1 tiende a disminuir en función de su cercanía

geográfica; ello explica el agrupamiento de VENTN con VENTS, VANEN con VANES y SAPEN con SAPES. En segundo lugar, influye la exposición cardinal del sitio, así se explica que TROJN se asocie con TINAN, y no con TROJS.

Por otra parte, las especies indicadoras de los seis sitios de subgrupo A2 son *Leptochloa dubia* (0.002**), *Verbesina oreopola* (0.014*) y *Agave lechuguilla* (0.043**). *Leptochloa dubia* se distingue porque está presente en todos los sitios del subgrupo A2, aunque también se registró en cinco localidades del A1 (TROJS, TINAS, VENTS, TROJN y VANEN; Cuadros 5, 7, 9 y 12). *Verbesina oreopola* está presente en la mayoría de los sitios del subgrupo A2; excepto en URBAN (Cuadro 11); pero también se registró en tres localidades del A1 (TROJS, VENTS y TROJN; Cuadros 5, 7 y 9). *Agave lechuguilla* únicamente está presente en localidades del subconjunto A₂ (URBAS y URBAN y UMBRN; Cuadros 8 y 11). En este subconjunto el índice de disimilitud varía en función de la orientación y la cercanía geográfica de los sitios. Con un índice de disimilitud de 0.64, se agrupa dos sitios orientados al sur (TINAS y URBAS), posteriormente ambas se asocian con otro sitio de orientación sur (UMBRN); enseguida, se agregan los sitios de las mismas localidades orientados al norte (URBAN y UMBRN), pero antes se agrupa SFERS. A excepción de SFERS, todos los sitios se localizan al norte de la cuenca del valle de San Luis Potosí.

El grupo B se puede subdividir en B1 y B2 con un índice de disimilitud del 0.8. Las especies indicadoras de los dos sitios del grupo B1 son *Parthenium incanum* (0.011*), *Aphanostephus ramosissimus* (0.038*) y *Opuntia megacantha* (0.005**). Las tres especies están presentes en los dos sitios del subconjunto B1 (TECHC y TROJC), pero *Parthenium incanum* también está presente en TROJS (Cuadro 5); *Aphanostephus ramosissimus* en VENTS, VENTN y URBAN (Cuadros 7, 10 y 11) y *Opuntia megacantha* en SAPES, TROJS, SAPEN, TROJN y VENTN (Cuadros 5, 9 y 10). En el grupo B2, las especies indicadoras son *Drymaria arenarioides* (0.016*), *Evolvulus alsinioides* (0.018*) y *Dasyochloa pulchela* (0.037*). Las tres especies están presentes en los dos sitios del conjunto B2 (UMBRC y URBAC), pero además *Drymaria arenarioides* también está presente en VENTN (Cuadro 10); *Dasyochloa pulchela* en TROJC (Cuadro 4) y *Evolvulus alsinioides* en VANEN (Cuadro 12). En este caso los sitios más alejados geográficamente (TECHC y TROJC), se agrupan con un índice de similitud menor que los sitios más cercanos (UMBRC y URBAC).

Es pertinente señalar que, en general, el análisis de agrupamiento de los sitios muestreados usando datos de presencia-ausencia de todas las especies de plantas vasculares que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupa los sitios donde *Bouteloua gracilis* está presente y los separa del conjunto de sitios donde esta especie está ausente. Con un índice de disimilitud menor, se agrupan los sitios donde *Bouteloua gracilis* siempre está presente y los separa del conjunto de sitios donde *Leptochloa dubia* es la planta herbácea siempre presente.

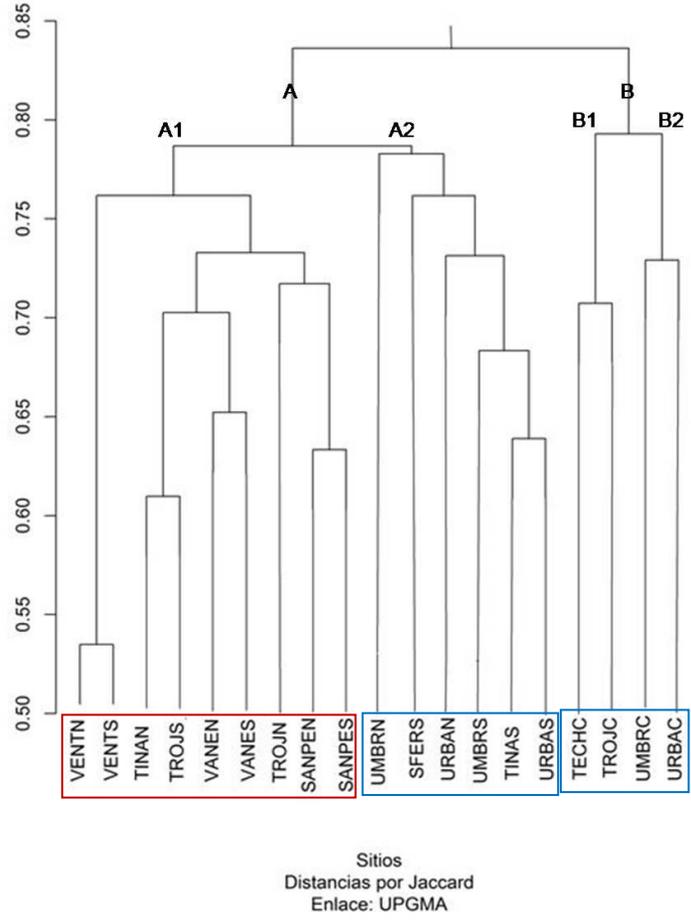


Figura 13. Los sitios de muestreo agrupados con base en datos de presencia-ausencia de las especies de plantas vasculares que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí.

El análisis de agrupamiento de las localidades de muestreo, usando el valor de importancia de las especies arborescentes que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí muestra la formación de cuatro grupos con un valor de disimilitud de 0.45 (Figura 18). Dos grupos están formados por una localidad (grupo A y grupo B). Al grupo C lo integran trece localidades y el grupo D es un conjunto de cuatro localidades (Figura 18). Las localidades que por sí solas forman un grupo se distinguen por su orientación cenital y porque en ellos, las plantas arborescentes que registraron el mayor valor de importancia

son especies de *Prosopis* (Cuadro 3). En TECH, *Prosopis laevigata* (62) y en URBAC, *Prosopis glandulosa* (57) y *Prosopis laevigata* (23).

El grupo C está integrado por todas las localidades que se ubican al norte del valle de San Luis Potosí (TINAS, TINAN, URBAS, URBAN, VENTN, VENTS, UMBRS, UMBRN y UMBRC), más dos que se localizan al oriente (SAPES y SAPEN) y otras dos al occidente (VANES y VANEN). *Opuntia leucotricha* (0.002 **) es la especie indicadora de este grupo con un nivel de significancia del 0.1. Esta especie registró el mayor valor de importancia en todos ellos (UMBRC, 84.29; TINAS, 25.15; URBAS, 31.22; VENTS, 18.68; SAPES, 47.39; UMBRS, 100.95; VENTN, 44.35; TINAN, 56.77; VANEN, 113.37; VANES, 73.06; UMBRN, 113.91; SAPEN, 80.54 y URBAN 74.59).

De las cuatro localidades que forman el grupo D, tres se localizan al oriente del valle de San Luis Potosí (TROJC, TROJS y TROJN) y uno al occidente (SFERS). *Opuntia megacantha* (0.002 **) es la especie indicadora de este grupo, con un nivel de significancia del 0.1. Esta especie registró el mayor valor de importancia en los tres sitios que se ubican al oriente (Cuadros 4, 5 y 9), pero está ausente en SFERS.

En resumen, el análisis de agrupamiento de los sitios muestreados usando el valor de importancia de las especies arborescentes separa los sitios donde el mayor valor de importancia corresponde a las especies de *Prosopis* de los sitios donde el mayor valor de importancia corresponde a las especies de *Opuntia*. Posteriormente, separa las nopaleras de *Opuntia megacantha* de las nopaleras de *Opuntia leucotricha*.

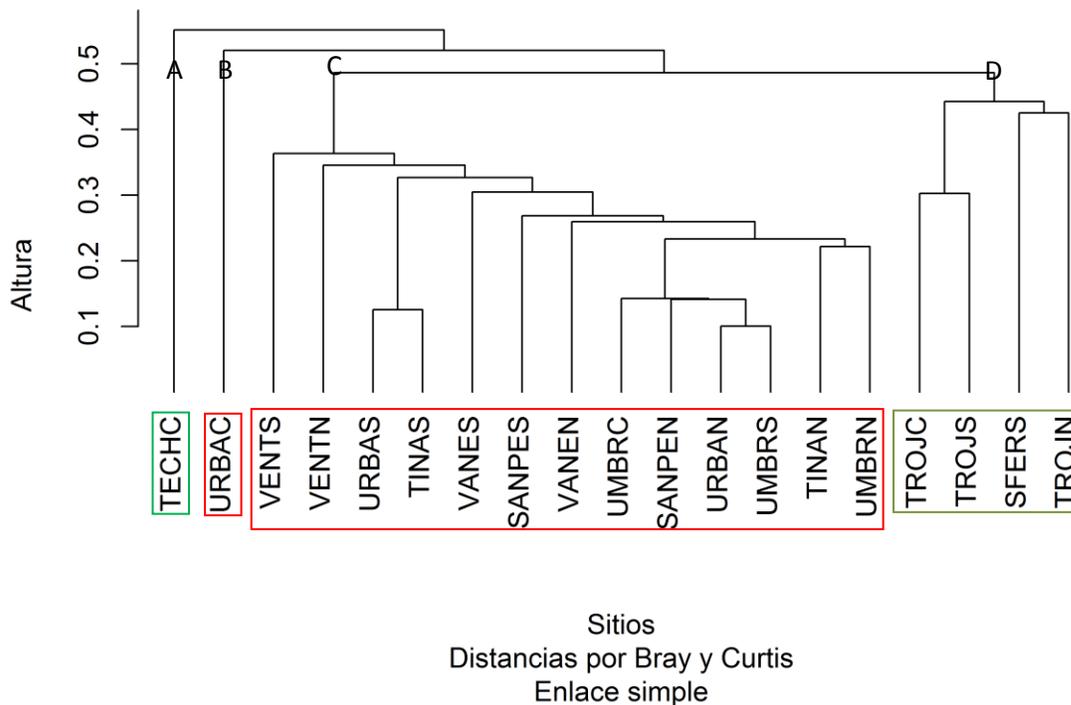


Figura 14. Los sitios de muestreo agrupados con base en el valor de importancia de las especies arborescentes que habitan en las nopaleras del valle de San Luis Potosí.

VI. DISCUSIÓN

La estratificación de las nopaleras del valle de San Luis Potosí que se expone en este trabajo, es similar a la que reportaron los autores que abordaron el estudio de estas comunidades vegetales con anterioridad (Calderón, 1960; Rzedowski, 1955, 1957, 1961, 1966; López *et al.*, 1977a). Únicamente destaca la ausencia del estrato de eminencias que de acuerdo con Rzedowski (1961) estaba presente en algunos sitios. De las especies que se citan para este estrato, solo se registraron dos individuos de izote (*Yuca decipiens*) en una nopalera que ocupa la cima aplanada de un cerro ubicado cerca de Las Trojes, municipio de Zaragoza. Calderón (1960) menciona que en el valle, los izotes eran localmente abundantes en sitios planos con suelos profundos. Durante el trabajo de campo, se observaron individuos aislados de *Yucca* en todos los sitios muestreados sin

que llegaran a formar un estrato; es probable que el método de cuadrantes centrados en un punto subestime el tamaño real de sus poblaciones. También es evidente que la destrucción de las nopaleras, derivado del cambio de uso del suelo, ha provocado la disminución de las poblaciones de *Yucca*.

Las nopaleras que se desarrollaban en superficies planas casi han sido eliminadas. Las que aún se mantienen en pie parecen corresponder a etapas sucesionales de otros tipos de vegetación con diferentes grados de disturbio. Por ejemplo, en la nopalera que se ubica cerca de Techa, municipio de Soledad de Graciano Sánchez (TECHC), donde la especie dominante es el mezquite (*Prosopis laevigata*), se observó un proceso parecido al descrito por Flores y Yeaton (2000) en un pastizal sobrepastoreado del ejido Santa Elena, municipio de Pánfilo Natera, Zacatecas. Casi todos los árboles de mezquites (*Prosopis laevigata*) crecen junto con una planta de nopal cardón (*Opuntia streptacantha*) fenómeno que se conoce como síndrome de planta nodriza. De acuerdo con Flores y Yeaton (2000) el nopal es más competitivo que el mezquite y terminará por reemplazarlo. Este proceso se ve facilitado porque los habitantes de la región talan frecuentemente los mezquites para la obtención de leña o postes. Es probable que la vegetación clímax que corresponde al sitio donde crece esta nopalera sea un pastizal, cuyas especies dominantes estas siendo reemplazadas como resultado del deterioro provocado por el sobrepastoreo. De ser así, esta es una nopalera secundaria, y la ausencia de *Yucca* se explica porque las especies de este género colonizan el área en la última etapa de la sucesión (Flores y Yeaton, 2000). En la nopalera que se ubica cerca de los Urbanos, municipio de San Luis Potosí (URBAC); las especies dominantes también son los mezquites (*Prosopis laevigata* y *P. glandulosa*). Es la nopalera de exposición cenital donde se registró la menor altitud (1882 m), esta característica y el hecho de ubicarse al pie de un cerro favorece la captación del agua que baja de las áreas elevadas, las que se estancan ahí y forman charcos de mayor o menor extensión durante una época del año, condiciones mencionadas por Calderón (1960) como propias de los sitios donde se desarrolla el mezquital, una variante del matorral desértico aluvial o matorral micrófilo. La abundancia en este sitio de hierbas como *Euphrosyne partheniifolia*, especie nativa acuática o subacuática, se explica por las inundaciones recurrentes de esta superficie. En consecuencia, esta nopalera también puede considerarse como secundaria, resultado del deterioro provocado por la tala de los mezquites.

Los inventarios estructurales cuantitativos disminuyen la dificultad para diferenciar una nopalera natural de una secundaria como lo observó Rzedowski (1957). Además de las dos localidades citadas en el párrafo anterior, la nopalera de exposición norte, ubicada cerca de Ventura, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, muestra indicios de ser también una nopalera secundaria, pues domina *Opuntia tomentosa*, especie introducida que se observaba únicamente cultivada en algunas localidades en la parte central del valle de San Luis Potosí (Puente, 1992). Es indispensable obtener información adicional sobre la historia de manejo de varios de los sitios muestreados para tener mayor certeza del carácter de las nopaleras.

La mayoría de las especies de plantas registradas o recolectadas en los diferentes estratos de las nopaleras del Valle de San Luis Potosí en la presente investigación, ya habían sido incluidas en la lista proporcionada por Calderón (1960) al describir el matorral cactus-mezquite. De las especies que no menciona la autora entre los representantes más comunes del estrato herbáceo, destaca *Melinis repens*, zacate nativo de África (Calderón y Rzedowski, 2005) presente en la actualidad en la mayoría de las nopaleras del área de estudio. Esta especie, junto con *Asphodelus fistulosus*, *Bryophyllum delagoense*, *Cenchrus ciliaris* y *Nicotiana glauca*, son indicadoras de la perturbación ecológica ocasionada por el sobrepastoreo en estos ecosistemas.

Si se relaciona la abundancia de *Melinis repens* con el deterioro ecológico, la nopalera de exposición cenital más deteriorada es la que se ubica cerca de Valle Umbroso (UMBRC), pues en ella se registró una densidad total de 81,456 plantas por hectárea. De las expuesta al sur, el mayor grado de deterioro le corresponde a la nopalera ubicada cerca de Los Vanegas, municipio de Mexquitic (VANES) con una densidad total de 98,030 individuos por hectárea; le sigue la que se ubica en el “Campamento y Reserva Ecológica San Fernando” (SFERS; con 5,864) y finalmente la que se ubica en la localidad cercana a Ventura (VENTS; con 5,158). En las nopaleras orientadas al norte, las más deteriorada deben ser la que se ubica cerca de Los Vanegas (VANEN) con una densidad absoluta de 39,146 individuos por hectárea. De la misma manera, si se relaciona la abundancia de *Asphodelus fistulosus*, especie nativa del Viejo Mundo (Calderón y Rzedowski, 2005), con el grado de deterioro, a la nopalera ubicada cerca de Ventura (VENTN), debe ser las más deteriorada, pues en ella se registró una densidad de 71,973 individuos por hectárea. La ausencia de *Melinis repens* en algunas localidades puede relacionarse con un bajo grado de deterioro; sin embargo, la ausencia de esta especie en las nopaleras de exposición

cenital, probablemente es resultado del sobrepastoreo; el sustento de esta afirmación es el excesivo daño por herbivoría que se observó durante el trabajo de campo en plantas de *Melinis repens* en la localidad que se ubica cerca de Valle Umbroso (UMBRC).

Los inventarios estructurales cuantitativos ratifican la importancia ecológica de las especies que en su momento fueron identificadas como dominantes en cada uno de los estratos (Calderón, 1960; Puente, 1992); a excepción de *Opuntia streptacantha*, especie que solía presentarse casi como única dominante, formando nopaleras puras o asociada a *Opuntia leucotricha* (Calderón, 1957; Puente, 1992). En la actualidad, *Opuntia streptacantha* está presente en casi todas las nopaleras, pero su valor de importancia es considerablemente menor al de *Opuntia leucotricha*; probablemente como resultado de la amplia utilización de esta especie de nopal como forraje en el valle de San Luis Potosí (Puente, 1992); otra posibilidad es que las poblaciones de *Opuntia streptacantha* aún no se hayan recuperado después de las heladas del final del siglo pasado.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las variables estructurales de las nopaleras del valle de San Luis Potosí, agrupadas con base en su orientación cardinal; el presente estudio confirma que la composición y estructura de las nopaleras varía considerablemente en sitios cercanos con condiciones topográficas y geológicas similares pero que difieren entre sí en orientación cardinal (Del Castillo, 2000). Los inventarios estructurales cuantitativos indican que una parte considerable de las diferencias detectadas entre los sitios son atribuibles a dicha orientación.

Los registros climatológicos muestran que las laderas orientadas al sur, en el hemisferio norte, están expuestas durante más tiempo a la luz solar directa, son más calientes y presentan menor humedad atmosférica que las orientadas al norte (Del Castillo, 2000). Esta diferencia explica la mayor abundancia de especies cuyo ámbito geográfico se extiende a tipos de vegetación más cálidos en las laderas orientadas al sur: *Bursera fagaroides* y *Eysenhardtia polystachya* (bosque tropical caducifolio y matorral subtropical; Rzedowski y McVaugh, 1966; Puig, 1976; Rzedowski, 1978) y *Myrtillocactus geometrizans* (matorral subtropical, Guzmán y Vela, 1960; Rzedowski y McVaugh, 1966) o más secos: *Agave lechuguilla* y *Hechtia glomerata* (matorral desértico rosetófilo; Rzedowski, 1978; Aldrete, 1981; González, *et al.*, 2007); explican también la presencia en las laderas orientadas al norte de especies cuyo ámbito geográfico se extiende a tipos de vegetación más fríos: *Ageratum corymbosum*, *Dhalia coccinea*, *Opuntia robusta* y *Piptochaetium fimbriatum* (encinares y piñonares, Calderón, 1960; bosque de pino y encino; Rzedowski y

McVaugh, 1966; bosque de pino, Aldrete, 1981). *Opuntia leucotricha*, una de las especies de nopal que más tolera las bajas temperaturas, registró los valores más altos de frecuencia, densidad, área basal, cobertura aérea y valor de importancia en las laderas orientadas al norte.

La pendiente es una variable que también se debe considerar cuando se evalúa el deterioro ecológico provocado por el sobrepastoreo. Por ejemplo, la pendiente de la cima aplanada del cerro ubicado cerca de Las Trojes es menor que el de la ladera orientada hacia el norte, y el de esta, menor que la pendiente de la ladera orientada hacia el sur, característica que se refleja en el grado de deterioro que muestran las nopaleras que ocupan estas superficies. Otro ejemplo es el cerro ubicado cerca de Los Urbanos; en este caso, la pendiente es menor al pie del cerro que en la ladera norte; y la de esta, menor que en la ladera sur. Esta característica es congruente con el grado de deterioro de las nopaleras que se desarrollan en ellas. Entre menor es la pendiente, mayor es el grado de deterioro provocado por el sobrepastoreo, por la accesibilidad al ganado.

Los niveles contrastantes de herbivoría también provocan diferencias notables en el estrato herbáceo, el más susceptible al sobrepastoreo (Del Castillo, 2000). El efecto más notable del pastoreo sobre la vegetación xerófila es la sustitución paulatina de las plantas apetecibles para el ganado por otras que este no toca (Rzedowski, 1978). En particular, este efecto está propiciando el desplazamiento en el estrato herbáceo de *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula*, las especies más apetecibles para el ganado en el área de estudio. Si se asume que entre menor es la abundancia de estas especies mayor es su deterioro ecológico provocado por el sobrepastoreo, se obtiene que las nopaleras de exposición cenital se encuentran muy deterioradas, pues en ninguna de ellas se registró *Bouteloua gracilis*, al parecer fueron desplazada por zacates bajos menos apetecible para el ganado vacuno, como *Bouteloua dactyloides*, *Bouteloua stolonifera*, *Dasyochloa pulchella*, *Erioneuron avenaceum*, *Microchloa kunthii* y *Scleropogon brevifolius*, que junto con *Aphanostephus ramosissimus*, *Dichondra argentea* y *Sida abutilifolia*, forman el estrato herbáceo rasante característicos de estas nopaleras. En las nopaleras expuestas al sur, el mayor grado de deterioro debe corresponder a SFERS y UMBRS; seguido en orden descendente por la nopalera ubicada cerca de Los Urbanos (URBAS) donde se registró una densidad de 5,073 plantas por hectárea, el grado de deterioro continua en orden descendente con SAPES (13,758), VANES (15,082), VENTS (29,231), TINAS (54,734) y TROJS (59,760); en las nopaleras expuestas al norte, el mayor grado de deterioro

ecológico debe corresponder a la nopalera que se ubica cerca de Valle Umbroso (UMBRN) donde se registró una densidad de 2,661 plantas por hectárea, le siguen en orden descendente URBAN (8,292), TROJN (15,626), TINAN (58,251), VENTN (80,721), SAPEN (104,357) y VANEN (211,388).

De la misma manera, si se adopta la abundancia de *Bouteloua curtipendula* como indicador de deterioro y se asume que entre menor es la abundancia de esta especie mayor es el deterioro ecológico provocado por el sobrepastoreo, se obtiene que de las nopaleras de exposición cenital, las más deterioradas deben ser URBAC y TROJC, pues en ellas no se registró esta especie; le sigue en orden descendente la nopalera ubicada cerca de Valle Umbroso (UMBRC) donde se registró una densidad de 10,182 plantas por hectárea y continua con TECHC (con 14,907); en las nopaleras expuestas al sur, las más deterioradas deben ser SFERS y URBAS pues en ellas no se registró esta especies; el grado de deterioro continua en orden descendente con la nopalera ubicada cerca de las Trojes (TROJS) donde se registró una densidad de 7,968 plantas por hectárea, después VANES (11,311), SAPES (11,793), UMBRS (15,140), VENTS (37,827) y por último TINAS (58,383); de las nopaleras expuestas al norte, la más deteriorada debe ser la que se ubica cerca de los Vanegas (VANEN) pues en ella no se registró *Bouteloua curtipendula*; el grado de deterioro continua en orden descendente en la nopalera ubicada cerca de Valle Umbroso (UMBRN) pues en ella se registró una densidad de 2,661 planta por hectárea; después TROJN (2,786), VENTN (23,742), TINAN (31,366), URBAN (35,240) y por último SAPEN (42,971).

Leptochloa dubia es un zacate menos apetecible para el ganado que *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula*, en general se asocia con condiciones de sobrepastoreo (Rzedowski, 1978; Aldrete, 1981; Rivas, 1987). Si se estima el grado de deterioro ecológico usando como criterio la abundancia de *Leptochloa dubia* y se asume que entre mayor es la abundancia de estas especies mayor es el deterioro ecológico provocado por el sobrepastoreo, se obtiene que los sitios de exposición cenital muestran un grado de deterioro similar, pues en ninguno de ellos se registró esta especie; en las nopaleras expuestas al sur, probablemente el mayor grado de deterioro ecológico corresponde a la nopalera que se ubica cerca de Ventura (VENTS), pues en ella se registró una densidad de 22,353 plantas por hectárea, le siguen en orden descendente TROJS (19,920), UMBRS (15,140), URBAS (7,609), TINAS (3,649), SFERS (1,955) y no se reportó de SAPES y VANES. En las expuestas al norte el mayor grado de deterioro le debe

corresponder a la nopalera que se ubica cerca de la Tinaja (TINAN) donde se registró una densidad de 85,136 plantas por hectárea; le siguen en orden descendente UMBRN (45,241), TROJN (18,468), VANEN (15,658) y URBAN (12,437) y no se reportó de SAPEN y VENTN. La ausencia de *Leptochloa dubia* en algunos sitios puede interpretarse como un síntoma de bajo grado de deterioro ecológico, pero en los sitios de exposición cenital, lo más probable es que esta especie también haya sido eliminada como resultado del sobrepastoreo.

La riqueza de hierbas anuales también se puede usar como criterio para determinar el disturbio provocado por el sobrepastoreo. Con base en la propuesta de clasificación de Grime (1977), las hierbas anuales son catalogadas como estrategias R (estrategia ruderal) y se distinguen por colonizar rápidamente sitios con bajo estrés, pero altos disturbio (Grime, 1977). La nopalera de exposición cenital con mayor riqueza de hierbas anuales es la que se ubica cerca de Los Urbanos (URBAC) con seis especies, le sigue en orden descendente TROJC y UMBRC (con tres especies cada una) y TECHC (con una especie). De las nopaleras expuestas al sur, destacó la nopalera ubicada cerca del “Campamento y Reserva Ecológica San Fernando” (SFERS) con dos especies, seguida de SAPES, TINAS, VENTS, UMBRS y URBAS (cada una con una especie). De las nopaleras expuestas al norte destacó la nopalera que se ubica cerca de Las Trojes (TROJN) con cuatro especies, en segundo lugar, se ubicó VENTN con tres especies y enseguida TINAN y URBAN (cada una con una especie).

En el estrato arbustivo, la sustitución gradual de las plantas apetecibles para el ganado por otras que este no toca (Rzedowski, 1978), se debe expresar en el desplazamiento de leguminosas leñosas de acreditado valor forrajero como *Dalea bicolor* y *Calliandra eriophylla* (Del Castillo, 2000). Si se toma como criterio la abundancia de *Dalea bicolor* para definir el grado de deterioro de las nopaleras y se asume que entre mayor es la abundancia de estas especies menor es el deterioro ecológico provocado por el sobrepastoreo, se obtiene que de las nopaleras de exposición cenital la más deteriorada deben ser URBAC y TROJC, porque en ninguna de ellas se reporta esta especie, en orden descendente continua la nopalera que se ubica cerca de Valle Umbroso (UMBRC), pues en ella se registró una densidad absoluta de 549 plantas por hectárea y finalmente TECHC (898). De las nopaleras expuestas al sur, las más deterioradas deben ser SFERS, VANES y UMBRS, pues en ninguna de ellas se registró *Dalea bicolor*; el grado de deterioro continua en orden descendente con la nopalera ubicada cerca de Ventura

(VENTS) con 293 plantas por hectárea, después TROJS (352), TINAS (636), URBAS (873) y SAPES (8,264). De las nopaleras expuestas al norte, las más deterioradas deben ser SAPEN, UMBRN, URBAN y VANEN pues *Dalea bicolor* no se reporta de ninguna de ellas, el grado de deterioro continua en orden descendente con VENTN donde se registró una densidad de 1,932 plantas por hectárea, después TROJN (2,665) y TINAN (3,105).

Asimismo, si se toma como criterio la abundancia de *Calliandra eriophylla* para definir el grado de deterioro de las nopaleras y se asume que entre menor es la abundancia de estas especies mayor es el deterioro ecológico provocado por el sobrepastoreo, se obtiene que de las nopaleras de exposición cenital la más deteriorada deben ser TECHC, URBAC y TROJC, pues en ninguna de ellas se reporta esta especie; el grado de deterioro ecológico continua en orden descendente con UMBRC, donde se registró una densidad absoluta de 549 plantas por hectárea. En las nopaleras expuestas al sur, el mayor grado de deterioro debe corresponder a SAPES, SFERS, VANES y UMBRS, porque en ninguna de ellas se registró *Calliandra eriophylla*, el grado de deterioro continua en orden descendente en la nopalera que se ubica cerca de Ventura (VENTS) pues en ella se registró una densidad de 293 plantas por hectárea; después URBAS (327), TROJS (352) y TINAS (636). De las nopaleras expuestas al norte las más deterioradas deben ser SAPEN, UMBRN, URBAN y VANEN, porque en ninguna de ellas se registró esta especie, el grado de deterioro continua en orden descendente en la nopalera ubicada cerca de Ventura (VENTN) pues en ella se registró una densidad absoluta de 1,932 plantas por hectárea y después TROJN (2,665) y TINAN (3,105).

Por otra parte, la abundancia de *Mimosa aculeaticarpa* ha sido interpretada como indicadora de disturbio (Rzedowski, 1961). También se ha demostrado que la presencia de estructuras espinosas reduce la ingestión de biomasa por herbivoría (Belovsky *et al.*, 1991). Con base en el número de plantas de *Mimosa aculeaticarpa* por hectárea, las nopaleras de exposición cenital con mayor grado de deterioro debe ser la que se ubica cerca de Valle Umbroso (UMBRC) pues en ella se registró una densidad absoluta de 3,018 plantas por hectárea, le siguen en orden descendente URBAC (2,339), TROJC (566) y TECHC (106). De las nopaleras expuestas al sur la más deteriorada debe ser la nopalera que se ubica cerca de La Tinaja (TINAS) pues en ella se registraron 10,811 plantas por hectárea; le siguen en orden descendente UMBRS (2,592), SFERS (2,132), TROJS (880), VANES (853), SAPES (486), VENTS (330) y URBAS (109). de las nopaleras expuestas al norte, la más deteriorada debe ser la que se ubica cerca de Los

Vanegas (VANEN) pues en ella se registraron de 5,766 plantas por hectárea, le siguen en orden descendente TROJN (4,664), SAPEN (2,541), URBAN (1,656), VENTN (966), TINAN (913 y 6%) y UMBRN (533).

En el estrato arborescente es probable que la densidad y la cobertura aérea de los nopales estén disminuyendo por el uso que se les da como forraje. De acuerdo con Puente (1992), el grado de utilización de las especies de *Opuntia* varía dentro del valle de San Luis Potosí y se encuentra determinado por su abundancia. El ganado consume directamente los artículos tiernos, flores y frutos y en ocasiones también comen la corteza del tronco de algunas especies arborescentes (Puente, 1992). Sin embargo, la forma de utilización que más ha dañado a las poblaciones silvestres, principalmente las nopaleras de *Opuntia streptacantha*, es el consumo de “chamusco”; nombre que recibe cualquier especie de nopal que los habitantes del área dan al ganado después de eliminar las espinas mediante la acción del fuego (Puente, 1992).

Con base en la densidad absoluta de especies de *Opuntia*, la nopalera de exposición cenital con mayor grado de deterioro debe ser la que se ubica cerca de Las Trojes (TROJC) pues en ella la densidad de nopales fue de 51 plantas por hectárea; le sigue TECHC (81), URBAC (136) y UMBRC (608). De las nopaleras expuestas al sur, la que debe mostrar mayor grado de deterioro es la que se ubica cerca de Los Urbanos (URBAS) pues en ella se registró una densidad absoluta de 90 plantas de nopal por hectárea; le siguen en orden ascendente TINAS (100), VENTS (105), SFERS (269), VANES (409), TROJS (450), SAPES (549) y UMBRS (1174). De las nopaleras expuestas al norte, el mayor grado de deterioro debe corresponder a la que se encuentra cerca de Ventura (VENTN), pues en ella se registró una densidad absoluta de 89 plantas de nopal por hectárea; le siguen en orden ascendente TINAN (130), URBAN (185), TROJN (363), SAPEN (415), VANEN (832) y UMBRN (1,428). Si se adopta como criterio la cobertura aérea de las especies de *Opuntia* para definir el grado de deterioro ecológico y se asume que entre menor es la cobertura aérea de las especies de *Opuntia* mayor es el deterioro ecológico provocado, se obtiene que de las nopaleras de exposición cenital la más deteriorada debe ser la que se ubica cerca de Las Trojes (TROJC), pues en ella se registró una cobertura aérea de 175 m² por hectárea; le siguen en orden descendente TECHC (319), URBAC (420) y UMBRC (947). De las nopaleras expuestas al sur, el mayor grado de deterioro ecológico le debe corresponder a la nopalera que se ubica cerca de Los Urbanos (URBAS) pues en ella se registró una cobertura aérea de 342 m² por hectárea, le

siguen en orden descendente TINAS (408), VENTS (526), TROJS (1,293), VANES (1,317), SFERS (1,549), SAPES (2,006) y UMBRS (2,987). De las nopaleras expuestas al norte, el mayor grado de deterioro le debe corresponder a la que se ubica cerca de Ventura (VENTN), pues en ella se registró una cobertura aérea de 358; le siguen en orden descendente URBAN (402), TINAN (639), SAPEN (761), TROJN (1,567), VANEN (1,715) y UMBRN (1,867).

Únicamente en tres localidades fue posible estudiar nopalera con exposición norte, sur y cenital. De ellas la menos deteriorada es la que ocupa el cerro ubicado cerca de Valle Umbroso, municipio de Mexquitic; localizado al noroeste del valle de San Luis Potosí. La nopalera de la ladera sur (UMBRS) es la menos deteriorada de todas las que tiene esta orientación. Su grado de deterioro es bajo con base en los atributos estructurales de las especies arborescentes. También es bajo, si únicamente se considera la densidad y la cobertura aérea de las plantas de *Opuntia*. Sin embargo, el grado de deterioro es alto de acuerdo al área basal del estrato herbáceo, pero bajo, con respecto a su cobertura aérea. La abundancia de *Bouteloua curtipendula* es congruente con el grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad, sin embargo, la riqueza de plantas anuales, la densidad de *Mimosa aculeticarpa* y la ausencia de *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor* y *Bouteloua gracilis*, son indicio de que este sitio tiende a un deterioro mayor. La nopalera que se distribuye en la ladera norte (UMBRN) también es la menos deteriorada de todas las que tienen esa exposición. Muestra un grado de deterioro bajo con base en los atributos estructurales del estrato arborescente. El mismo resultado se obtiene si se consideran únicamente la densidad y cobertura aérea de las especies de *Opuntia*. Sin embargo, su grado de deterioro es alto de acuerdo al área basal y a la cobertura aérea del estrato herbáceo. La ausencia de hierbas anuales y la densidad de *Mimosa aculeticarpa* es congruente con el grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad. Sin embargo, la ausencia de arbustos como *Calliandra eriophylla* y *Dalea bicolor* y la densidad de *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Leptochloa dubia* son evidencia del disturbio que experimenta esta comunidad como resultado del sobrepastoreo. De la misma manera, la nopalera que ocupa la cima aplanada del cerro (UMBRC) es las menos deterioradas de las comunidades con orientación cenital. Su grado de deterioro es moderado con base en la densidad y la cobertura aérea del estrato arborescente, pero bajo de acuerdo al área basal. Este resultado se explica por la presencia de *Prosopis laevigata* en esta localidad, especie con mayor área basal que los nopales. Si se considera únicamente la densidad de especies de *Opuntia* se obtiene un grado de

deterioro bajo; pero alto, de acuerdo a la cobertura aérea de las mismas. Es probable que las ramas de los nopales estén siendo cortadas para utilizarla como forraje. A pesar de que el estrato arborescente permite la entrada de luz solar, el grado de deterioro es alto, de acuerdo al área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo. Este resultado, la abundancia de *Mimosa aculeaticarpa* y *Melinis repens* son indicios del disturbio provocado por el sobrepastoreo. La densidad de *Dalea bicolor*, *Calliandra eriophylla* y *Bouteloua curtipendula*, indican que la condición de este sitio de pastoreo era mejor que la actual, y muestra una tendencia a empeorar.

En el cerro localizado cerca de Las Trojes, municipio de Zaragoza, al este del valle de San Luis Potosí; la nopalera registra un grado de deterioro mayor que la ubicada cerca de Valle Umbroso. La de la ladera sur (TROJS) es la menos deteriorada. Su grado de deterioro es bajo con base en la densidad de plantas arborescentes; pero moderado, de acuerdo al área basal y cobertura aérea. Por otra parte, el grado de deterioro es moderado de acuerdo a la densidad de especies de *Opuntia*, pero alto con base en su cobertura aérea. Es probable, que las ramas de los nopales se corten para usarlas como forraje. Por último, el grado de deterioro es moderado de acuerdo con el área basal de las hierbas, pero bajo con base en su cobertura aérea. La abundancia de arbustos como *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor* y *Mimosa aculeaticarpa* y de zacates como *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Leptochloa dubia* y *Melinis repens*, son congruentes con el menor grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad. En la nopalera que ocupa la ladera norte (TROJN), el grado de deterioro es alto, con base en los atributos estructurales de las especies arborescente. Si se considera únicamente la densidad de especies de *Opuntia* se obtiene el mismo resultado, pero es moderado con base en la cobertura aérea de las especies herbáceas y bajo, de acuerdo con su cobertura aérea. La densidad de *Dalea bicolor* y *Calliandra eriophylla*, es congruente con el grado de deterioro de los estratos inferiores, aunque la densidad de *Mimosa aculeaticarpa* es alta. La riqueza de especies de hierbas anuales y la abundancia de *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Leptochloa dubia* es congruente con el grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad. La nopalera que ocupa la cima aplanada de este cerro (TROJC) es la más deteriorada de todas las de exposición cenital. El grado de deterioro es alto con base en los atributos estructurales del estrato arborescente. Si se considera únicamente la densidad y la cobertura aérea de especies de *Opuntia*, se obtiene el mismo resultado. La apertura del estrato arborescente permite mayor entrada de luz y favorece la colonización del área por plantas herbáceas propias de lugares perturbados como *Dichondra argentea*

y aun de especies toxicas para el ganado como *Drymaria arenarioides*; que por su hábito rastrero, arrojan una gran área basal y cobertura aérea, los que influye en el grado de deterioro moderado que se obtiene con base en estos atributos estructurales del estrato herbáceo. Sin embargo, la densidad de *Aristida adsencionis* y la ausencia de *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor*, *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *Leptochloa dubia* y aun de *Melinis repens* son congruentes con el mayor grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad. Era válido esperar que la densidad de *Mimosa aculeaticarpa* fuera mayor en una nopalera tan deteriorada como esta, pero tal vez el sobrepastoreo por cabras ha disminuido también esta población. En este caso, es evidente la influencia de la pendiente sobre el grado de deterioro de las nopaleras que crecen en esta localidad, por la mayor o menor dificultad que ofrecen al pastoreo.

La nopalera que ocupa el cerro ubicado cerca de Los Urbanos, municipio de San Luis Potosí, localizada al norte del valle, es la registró el mayor grado de deterioro de las tres localidades en las que fue posible estudiar las tres exposiciones. El grado de deterioro es alto en la comunidad que ocupa la ladera sur (URBAS), con base en la densidad y el área basal de las especies arborescente; pero moderado de acuerdo a la cobertura aérea. Sin embargo, si se toma en cuenta únicamente la densidad y cobertura aérea de las especies de *Opuntia* se obtiene un grado de deterioro alto. Un resultado similar se obtiene con base en el área basal y la cobertura aérea de las especies herbáceas. La densidad de *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor* y *Mimosa aculeaticarpa* y de gramíneas como *Leptochloa dubia*; indican que la condición de este agostadero fue mejor que la actual y muestra una tendencia a empeorar. En la nopalera que ocupa la ladera norte del mismo cerro (URBAN) el grado de deterioro es alto con base en los atributos estructurales del estrato arborescente. Si se considera únicamente la densidad y la cobertura aérea de especies de *Opuntia*, se obtiene el mismo resultado. En contraste, el grado de deterioro es bajo con base en el área basal del estrato herbáceo y moderado con base en su cobertura aérea. La ausencia de *Dalea bicolor* y *Calliandra eriophylla* y la densidad de *Mimosa aculeaticarpa* y de gramíneas como *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula* y *Leptochloa dubia* son congruentes con el grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad. En la nopalera ubicada al pie del cerro (URBAC), el grado de deterioro es alto con base a la densidad y área basal del estrato arborescente, pero moderado de acuerdo a la cobertura aérea. Este resultado se explica por la abundancia de *Prosopis* en el sitio, especies con una cobertura aérea mayor que las de *Opuntia*. Cuando se consideran únicamente las especies de *Opuntia* y el área basal y la cobertura aérea del estrato

herbáceo, se obtiene un grado de deterioro alto. La riqueza de especies de hierbas anuales y la usencia *Dalea bicolor*, *Calliandra eriophylla*, *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *Leptochloa dubia* y *Melinis repens*; así como la densidad de *Mimosa aculeticarpa* confirma que a esta comunidad le corresponde un grado de deterioro alto. En este caso, también es notable la influencia de la pendiente sobre el grado de deterioro que muestra las tres nopaleras estudiadas.

En cuatro localidades fue posible estudiar nopaleras orientadas al norte y al sur. De ellas, las menos deterioradas son las que se ubican en el municipio de Cerro de San Pedro, al este del valle de San Luis Potosí. En la nopalera de la ladera sur (SAPES), el grado de deterioro es bajo con base en la densidad y la cobertura aérea de las especies arborescente; pero moderado de acuerdo al área basal. Asimismo, el grado de deterioro es moderado con base en la densidad de plantas de *Opuntia*, y bajo de acuerdo a su cobertura aérea. Finalmente, el grado de deterioro es alto de acuerdo al área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo. La abundancia de *Dalea bicolor* y la baja densidad de *Mimosa aculeticarpa* también indican un deterioro moderado del estrato arbustivo, sin embargo, la riqueza de especies de plantas anuales y la densidad de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, indican que el disturbio por sobrepastoreo es considerable. En la nopalera de la ladera norte (SAPEN) el grado de deterioro es moderado con base en la densidad de especies arborescente; pero es alto de acuerdo al área basal y la cobertura aérea. Si únicamente se consideran las especies de *Opuntia*, se obtiene un grado de deterioro moderado con base en la densidad de plantas, pero alto, de acuerdo a su cobertura aérea. Por último, el grado de deterioro es bajo con base en la cobertura aérea y área basal del estrato herbáceo. La abundancia de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, es congruente con el grado de deterioro que se le atribuya a esta comunidad; pero la ausencia de *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor*, y la densidad de *Mimosa aculeticarpa* indican que la condición de esta comunidad era más buena que la actual.

En segundo lugar, se ubica la nopalera del cerro ubicado cerca de Los Vanegas, municipio de Mexquitic, localizado al oeste del valle de San Luis Potosí. En la ladera sur (VANES) el grado de deterioro de la nopalera es alto con base en la densidad y cobertura aérea de las especies arborescentes, pero moderado de acuerdo con su área basal. Por otra parte, el grado de deterioro es moderado de acuerdo a la densidad y cobertura aérea de las especies de *Opuntia*. Por último, el grado de deterioro es bajo con base en el área

basal y la cobertura aérea de las especies herbáceas. La ausencia de *Calliandra eriophylla* y *Dalea bicolor* y la densidad de arbusto como *Mimosa aculeticarpa* y gramíneas como *Melinis repens*, son congruentes con el grado de deterioro alto que se le atribuye a esta comunidad. En la nopalera de la ladera norte (VANEN), el grado de deterioro es bajo con base en la densidad y área basal de estrato arborescente, pero alto, de acuerdo a su cobertura aérea. Si únicamente se consideran las especies de *Opuntia*, su grado de deterioro es bajo con respecto a la densidad de planta y a su cobertura aérea. También es bajo el grado de deterioro con base en el área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo. La abundancia de *Bouteloua gracilis* y la ausencia de hierbas anuales es congruente con el grado de deterioro que se le atribuye. Sin embargo, la ausencia de *Calliandra eriophylla* y *Dalea bicolor* y la densidad de *Mimosa aculeticarpa*, *Leptochloa dubia* y *Melinis repens*, confirman el disturbio provocado por el sobrepastoreo en esta comunidad.

El tercer lugar corresponde a la nopalera que ocupa un cerro localizado cerca de La Tinaja, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, al norte del valle de San Luis Potosí. En la ladera sur (TINAS), la nopalera registra un grado de deterioro alto con base en los atributos estructurales de las especies arborescentes en conjunto, y en particular de las especies de *Opuntia*. De hecho, es la más deteriorada de todas las nopaleras expuestas al sur, si se consideran únicamente las especies de *Opuntia*. El grado de deterioro también es alto con base en la cobertura aérea y el área basal del estrato herbáceo. La densidad de arbustos como *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor* y *Mimosa aculeticarpa* y de gramíneas como *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, indican que la condición de este sitio de pastoreo era mejor que la actual, pero tiende a disminuir, como resultado del sobrepastoreo. En la ladera norte (TINAN), el grado de deterioro de la nopalera es alto con base en los atributos estructurales del estrato arborescente. El mismo resultado se obtiene si se considera únicamente la densidad y la cobertura aérea de las especies de *Opuntia*. Sin embargo, el grado de deterioro es moderado de acuerdo con el área basal de estrato herbáceo y bajo, con base a su cobertura aérea. La densidad de arbustos como *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor* y *Mimosa aculeticarpa* y la abundancia de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, indican que la condición del agostadero era buena; pero la riqueza de plantas anuales y la abundancia de *Leptochloa dubia*; indican que la tendencia de este agostadero es a deteriorarse más.

El cuarto lugar le corresponde a la nopalera del cerro ubicado cerca de Ventura, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, al norte del valle de San Luis Potosí. La nopalera de la ladera sur (VENTS) es la más deteriorada de todas las comunidades con esa orientación. El grado de deterioro es alto con base en los atributos estructurales de las especies arborescentes. La apertura del estrato más alto favorece la entrada de luz solar, condición que beneficia a las especies herbáceas. Aparentemente, el menor disturbio provocado por el sobrepastoreo, provoca que el grado de deterioro sea bajo con base en el área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo. La densidad de arbustos como *Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor*, *Mimosa aculeticarpa* y de gramíneas como *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Leptochloa dubia*; son congruentes con el grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad. La nopalera orientada al norte (VENTN) es la más deteriorada de todas las nopaleras con esta orientación. Su grado de deterioro es alto, con base en los atributos estructurales de las especies arborescente. Si se toma en cuenta únicamente la densidad y la cobertura aérea de las especies de *Opuntia* el resultado es el mismo. Sin embargo, el grado de deterioro es bajo con base en el área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo. Lo que indica un disturbio menor provocado por sobrepastoreo. La abundancia de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, es congruente con el grado de deterioro que se le atribuye a esta comunidad con base en las características estructurales del estrato herbáceo; pero la riqueza de plantas anuales y la densidad de *Calliandra eriophylla* y *Dalea bicolor*, y la abundancia de *Asphodelus fistulosus* corroboran el grado de deterioro alto que se le asigna a esta comunidad. Es pertinente señalar que este sitio se ubica en una propiedad privada delimitada con alambre de puas; es probable que el manejo que se le está dando a este agostadero ha permitido aminorar el grado de disturbio en el estrato herbáceo; sin embargo, el predominio de una especie cultivada como *Opuntia tomentosa*, evidencian el carácter secundario de esta nopalera.

En dos localidades solo fue posible estudiar una exposición. De ellas, la menos deteriorada es la nopalera que se ubica en el “campamento y reserva ecológica San Fernando” (SFERS), municipio de Mexquitic. El grado de deterioro de esta comunidad es alto con base en la densidad de plantas arborescentes, moderado de acuerdo con el área basal y bajo con base en la cobertura aérea. Por otra parte, el grado de deterioro es alto con base en la densidad de las especies de *Opuntia* y moderado, con base en la cobertura aérea. Asimismo, el grado de deterioro es alto con base en el área basal del estrato herbáceo, pero moderado de acuerdo con la cobertura aérea. Estos resultados se explican, porque

en la actualidad este sitio se encuentra excluido del pastoreo, lo que favorece el incremento de la cobertura aérea de las especies que sobrevivieron a la etapa previa. Desafortunadamente, *Mimosa aculeticarpa* también se ha visto favorecida, impidiendo que la luz solar alcance el suelo, lo que evita que prosperen gramíneas como *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Melinis repens*, al tiempo que favorecen a especies adaptadas a la sombra como los helechos.

En la nopalera secundaria que se ubica cerca de Techa (TECHC), municipio de Soledad de Graciano Sánchez, al norte del valle, es probable que el sobrepastoreo haya causado la disminución del área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo, proceso que favoreció la germinación de semillas de *Prosopis*, planta que se desempeña como nodriza de *Opuntia streptacantha* en una etapa posterior del proceso de sucesión vegetal (Flores y Yeaton, 2000). El grado de deterioro es alto con base en los atributos estructurales del estrato arborescente. El mismo resultado se obtiene si únicamente se considera la densidad y la cobertura aérea de las especies de *Opuntia*. El grado de deterioro también es alto con base en el área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo. La riqueza de hierbas anuales, la densidad de *Mimosa aculeaticarpa* y la ausencia de *Calliandra eriophylla* y *Bouteloua gracilis* son congruentes con el grado de deterioro alto que se le atribuye a esta localidad. En contraste, la abundancia de *Dalea bicolor* y *Bouteloua curtipendula* atestiguan que probablemente la comunidad clímax que se desarrollaba en esta localidad era un pastizal.

En relación con la composición florística, las 180 especies que se reportan en este trabajo corresponden aproximadamente al 45 % de las que Reyes-Agüero y Vallejo (en prensa) citan para el matorral crasicaule en el estado de San Luis Potosí. Sin embargo, es pertinente señalar que la lista de plantas que se reporta en la presente investigación, se generó principalmente a partir de las 145 especies que se registraron durante el muestreo. Si se compara este catálogo con otros generados en forma similar, se encuentra que el número de especies que se enlistan para las nopaleras del valle de San Luis Potosí es superior a las 81 especies que encontró Del Castillo (2000) en su estudio sobre la composición y estructura de una nopalera bajo situaciones contrastantes de exposición de ladera y herbivoría en el municipio de Ciudad Cuauhtémoc, Zacatecas; a las 74 especies de plantas que enumera Aragón *et al.* (2010) en su estudio sobre la composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental; pero inferior a las 198 especies que enlista Aldrete (1981) en su

estudio ecológico de los agostaderos del norte del estado de Zacatecas. En consecuencia, se puede afirmar con un margen aceptable de seguridad que la flora de las nopaleras del valle de San Luis Potosí está bien representada en el presente estudio.

Las familias que ocupan los primeros lugares con base en el número de especies que agrupan no corresponde a las que se citan para la flora de México (Villaseñor, 2003); pero son las misma que menciona González (2007) para la Sierra de Catorce, San Luis Potosí; a excepción de Poaceae que se ubica en primer lugar, probablemente como resultado de la dispersión de las semillas de algunos zacates por los animales domésticos. Estas cifras respaldan lo apuntado por Rzedowski (1991) sobre la importancia de estas familias en la flora del norte del país.

Las 13 especies de *Opuntia* que se citan en la presente investigación, representa el 72% de las registradas por Puente (1992) para el valle de San Luis Potosí. La mayoría de estas especies ya habían sido registradas por este autor, a excepción de *Opuntia durangensis*, *Opuntia engelmannii*, *Opuntia hyptiacantha* y *Opuntia megacantha*, especies que fueron identificadas en campo.

La distribución de las especies por forma de vida es similar al que se cita en estudios florísticos de la zona árida y semiárida de México (por ejemplo, Reyes-Agüero *et al.* 1996; Harker, *et al.* 2008; Ramírez-Prieto *et al.* 2016). En primer lugar se ubican las hierbas anuales y perennes, en segundo los arbustos y en tercero las plantas arborescentes.

La presencia de especies de plantas que han sido incluidas en la lista roja de IUCN (2010) y en la Norma Oficial Mexicana 2010 (Anónimo, 2010) en el área de estudio, fortalecen la necesidad de implementar acciones que conduzcan a la conservación y restauración de las nopaleras, un ecosistema endémico de la república mexicana.

La mayor diversidad florística de las nopaleras que ocupan las laderas orientadas hacia el norte, confirma que las condiciones más frías y húmedas favorecen una mayor diversidad que las cálidas y secas, en ambientes semiáridos subtropicales (Del Castillo, 2000).

Por otra parte, los bajos índices de similitud entre los sitios que arrojó el análisis de agrupamiento, usando datos de presencia – ausencia de todas las especies de plantas vasculares, es similar al que se reporta en otros trabajos (por ejemplo: Enríquez, 2003; Balleza *et al.*, 2005; Ramírez-Prieto *et al.*, 2016). El número de especies de plantas vasculares por sitios (diversidad alfa) no es suficiente para explicar la riqueza florística de

las nopaleras del valle de San Luis Potosí (diversidad gama), ya que el sitio más diverso alcanzó solamente el 25 % de la riqueza total de especies. Es probable que la alta diversidad beta, que se manifiesta por los bajos índices de similitud entre los sitios, explique mejor la riqueza florística de estas comunidades vegetales (Magurran, 1988).

Por otra parte, el análisis de agrupamiento confirma la similitud florística de los sitios de exposición cenital y enfatiza sus diferencias con los sitios expuestos al sur o al norte. Asimismo, a pesar de ser diferentes, en general las floras de un mismo cerro tienden a ser más semejantes entre sí, independientemente de la exposición.

Finalmente, el análisis de agrupamiento de los sitios usando el índice de valor de importancia de las especies arborescentes, destaca el carácter atípico de los sitios ubicados cerca de Techa y Los Urbanos. Este resultado fortalece la idea de que las comunidades vegetales que ahí se desarrollan, probablemente corresponden a un matorral desértico aluvial, en su variante de mezquital propuesto por Calderón (1960). Por otra parte, subraya la abundancia de nopaleras de *Opuntia leucotricha* entre los 17 sitios restantes.

VII. CONCLUSIONES

- 1) La estructura vertical actual de las nopaleras es similar a la que describieron los primeros estudiosos de la vegetación del valle de San Luis Potosí. Del estrato de eminencias formado por especies de *Yucca* citado en trabajos previos, sobreviven algunos individuos aislados. *Melinis repens* es la principal especie invasora, presente en el estrato herbáceo de las nopaleras del valle de San Luis Potosí, que no fue mencionada por los primeros estudiosos de este tipo de vegetación.
- 2) Los inventarios estructurales cuantitativos ratifican la importancia ecológica de las especies que en su momento fueron identificadas como dominantes en cada uno de los estratos de las nopaleras; a excepción de *Opuntia streptacantha*. Especie que en la actualidad está presente en casi todas las nopaleras, pero su valor de importancia es considerablemente menor al de *Opuntia leucotricha*.
- 3) Se confirma que la composición y estructura de las nopaleras varía considerablemente en sitios cercanos con condiciones topográficas y geológicas similares pero que difieren entre sí en orientación cardinal. En las laderas orientadas al sur abundan las especies

cuyo ámbito geográfico se extiende a tipos de vegetación más cálidos (*Bursera fagaroides*, *Eysenhardtia polystachya* y *Myrtillocactus geometrizans*) o más secos (*Agave lechuguilla* y *Hechtia glomerata*). En las laderas orientadas al norte abunda *Opuntia leucotricha*, una de las especies de nopal que más tolera las bajas temperaturas y las especies cuyo ámbito geográfico se extiende a tipos de vegetación más fríos (*Ageratum corymbosum*, *Dhalia coccinea*, *Opuntia robusta* y *Piptochaetium fimbriatum*). Las especies de *Prosopis* son más abundantes en las nopaleras con orientación cenital que en las expuestas al sur o al norte.

4) El sobrepastoreo está propiciando la sustitución en el estrato herbáceo de *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula*, por plantas menos apetecibles. En las nopaleras de exposición cenital el estrato herbáceo se ha reducido a un estrato rasante en el que predominan zacates bajos. En las nopaleras expuestas al norte y al sur; *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* conservan la mayor importancia ecológica en el estrato herbáceo de la mayoría de los sitios de muestreo; pero en otros, están siendo desplazadas por *Melinis repens*, *Cheillanthes sinuata* o *Leptochloa dubia*. En el estrato herbáceo rasante de las nopaleras expuestas al norte y al sur, el valor de importancia más alto correspondió a *Dichondra argentea*, una especie propia de lugares perturbados. En el estrato arbustivo, las leguminosas leñosas de acreditado valor forrajero como *Dalea bicolor*, *Calliandra eriophylla* y *Eysenhardtia polystachya* está siendo desplazadas por otras que son poco consumidas por el ganado, como *Jatropha dioica* y *Mimosa aculeaticarpa*. La densidad y la cobertura aérea de los nopales del estrato arborescente está disminuyendo en todas las nopaleras del valle de San Luis Potosí a consecuencia del uso que se les da como forraje.

5) Con base en los resultados de los inventarios estructurales cuantitativos y el análisis de componente principales se identificó el deterioro del matorral crasicaule a partir de los valores absolutos de siete atributos estructurales de las nopaleras, la densidad, el área basal y la cobertura aérea del estrato arborescente; el área basal y la cobertura aérea del estrato herbáceo y la densidad y la cobertura aérea de las especies de *Opuntia*. El análisis del deterioro se complementó con la abundancia de arbusto y hierba de reconocido valor forrajero y el tamaño de las poblaciones de especies invasoras. Se concluye que en general las nopaleras de exposición cenital sufren de mayor grado de deterioro. En contraste, las menos deterioradas son las nopaleras que ocupan las laderas orientadas al sur. En particular, el grado de deterioro es alto en las nopaleras de

exposición cenital que se ubican cerca de Las Trojes (TROJC), Techa (TECHC) y Los Urbanos (URBAC). En la ubicada cerca de Valle Umbroso (UMBRC) el grado de deterioro varía de moderado a bajo. En las nopaleras expuestas al norte, el grado de deterioro es alto en las que se ubica cerca de La Tinaja (TINAN), Ventura (VENTS) y Los Urbanos (URBAN); varía de moderado a alto en la ubicadas cerca de Cerro de San Pedro (SANPEN) y es bajo en las que se ubican cerca de Valle Umbroso (UMBRN) y Los Vanegas (VANEN). Asimismo, en las nopaleras expuestas al sur, el grado de deterioro es alto en las que se ubican cerca de La Tinaja (TINAS), Los Urbanos (URBAS) y Ventura (VENTS); varía de moderado a alto en la que ocupa el campamento y reserva ecológica San Fernando (SFERS); varía de moderado a bajo en las que se ubican cerca de Cerro de San Pedro (SPES) y La Trojes (TROJS), y es bajo en la que está cerca de Valle Umbroso (UMBRN). Por último, se identificaron como nopaleras secundarias las que ocupan las localidades ubicadas cerca de Techa (TECHC), Los Urbanos (URBAS) y Ventura (VENTN)

6) Se registraron 182 especies de planta vasculares; que se distribuyen en 137 géneros y 51 familias. Entre ellas, las hierbas anuales y perennes son las más numerosas, seguidas de los arbustos y las plantas arborescentes. Poaceae, Asteraceae y Cactaceae son las familias que ocupan los primeros lugares con base en el número de especies que agrupan. Se citan 13 especies de *Opuntia* para el valle de San Luis Potosí y se incorporan a las listas previas *Opuntia durangensis*, *Opuntia engelmannii*, *Opuntia hyptiacantha* y *Opuntia megacantha*.

7) La necesidad de implementar acciones que conduzcan a la conservación y restauración de las nopaleras se fortalece por la presencia en el área de estudio de especies de plantas que han sido incluidas en la lista roja de IUCN (2010) y en la Norma Oficial Mexicana 2010.

8) El análisis de agrupamiento usando datos de presencia-ausencia confirma la similitud florística de los sitios de exposición cenital y enfatiza sus diferencias con los sitios expuestos al sur o al norte. Asimismo, a pesar de ser diferentes, en general las floras de un mismo cerro tienden a ser más semejantes entre sí, independientemente de la exposición.

9) El análisis de agrupamiento usando el índice de valor de importancia de las especies arborescentes subraya la dominancia cuantitativa de las especies de *Prosopis* en las

nopaleras que ocupan superficies planas y de *Opuntia leucotricha* en las nopaleras que habitan en las laderas de los cerros que delimitan el valle de San Luis Potosí.

VII. LITERATURA CITADA

- Abelleira O. J. y D. Y. Colón. 2006. Comparación de método de muestreo en bosques secundarios aluviales: parcela vs punto-cuadrante. *Acta Científica* 20 (1-3): 63-66.
- Archer, S, C. Scifres, CR. Bassham, R. Maggio. 1988. Autogenic succession in a subtropical savanna: conversion of grassland to woodland. *Ecol. Monogr.* 58: 11-127.
- Aldrete, E. 1981. Estudio ecológico de los agostaderos del noreste del estado de Zacatecas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Anónimo. s/f. Agostaderos. Conceptos básicos. Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/35/10.pdf>.
Accesado: 3 de abril de 2016.
- Anónimo. 1972. Carta topográfica, edafológica, geológica y de uso del suelo. F-14-C-13. San Francisco. Escala 1:50 000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. México, D.F.
- Anónimo. 1972. Carta topográfica, edafológica, geológica y de uso del suelo. F-14-A-74. Villa Hidalgo. Escala 1:50 000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. México, D.F.
- Anónimo. 1972. Carta topográfica, edafológica, geológica y de uso del suelo. F-14-A-84. San Luis Potosí. Escala 1:50 000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. México, D.F.
- Anónimo. 1985. Carta uso del suelo y vegetación 1:250 000 (Zacatecas F13-6). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Anónimo. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de diciembre de 2010. Disponible en
http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.
Accesado: 24 de enero de 2016.
- Aragón-Piña, E. E.; A. Garza-Herrera; M. S. González-Elizondo e I. Luna-Vega. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguero, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 771-787.

- Arias-Medellín, L., A. Flores-Palacios y C. Martínez-Garza. 2014. Cacti community structure in a tropical Mexican dry forest under chronic disturbance. *Botanical Science* 92 (3): 405-415.
- Benson L., y D. Walkington. 1965. The southern Californian prickly pear invasion, adulteration and trial-by-fire. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52: 262-273.
- Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 743 pp.
- Calderón, G. 1960. Vegetación del valle de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina*. IV (1): 5–12 p.
- Calderón, G. y J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del valle de México. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
- Campos-Aranda, D.F. 2013. Caracterización de sequías meteorológicas mediante curvas de severidad-área-frecuencia, en el valle de San Luis Potosí, México. *Tecnología y ciencias del agua*. 4 (3) 165-186.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Agrupación Sierra Madre, S.C.
- Colín, O.L. 2003. Deterioro ambiental vs. Desarrollo económico y social. *Boletín IEE*. Disponible en: <http://www.ineel.mx/boletin032003/art2.pdf> Accesado: 8 ene. 2017.
- CONABIO. Biodiversidad Mexicana. Ecosistemas terrestres. Matorrales. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral.html>, Accesado: 30 oct. 2014.
- Cottam, G., y J.T Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37:451-460.
- Cox, G.W. 1972. *Laboratory manual of general ecology*. 2nd ed. Brown. Dubuque, Iowa. 195 p.
- Del Castillo, R.F. 2000. Composición y estructura de una nopalera bajo situaciones contrastantes de exposición de ladera y herbivoría. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 65: 5-22.
- Escobar-Ocampo, M.C y S. Ochoa-Gaona. 2007. Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 391- 419.

- Espejel, R. A; I. González T; E. Perón D. 2004. El índice de deterioro ambiental en los municipios de Tlaxcala: una propuesta metodológica. *Gaceta Ecológica* 70: 19-30.
- Flores, J.L. y R. Yeaton. 2000. La importancia de la competencia en la organización de las comunidades vegetales en el altiplano mexicano. *Interciencia* 25(8) 365-371
- Flores M. G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, D.F. 59 pp.
- Fortanelli-Martínez, J., J. García P. y P. Castillo-Lara. 2014. Estructura y composición de la vegetación del bosque de niebla de Copalillos, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana* 106: 161-186.
- Franco, J. 1985. Manual de ecología. Editorial Trillas. México. 226 pp.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 90 p.
- Gillespie, T. W. Brock, J. Wright, C. W. 2004. Prospects for quantifying structure, floristic composition and species richness of tropical forests. *Int. J. Remote sensing*, 25(4): 707–715.
- González E. M. 1999. Interacciones entre fenología, elementos bióticos y disturbio por pastoreo en las nopaleras del centro de México. En J.R Aguirre R., JA Reyes-Agüero. Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP. Méx. pp 342-359.
- Goettsch B., H.M. Hernández. 2006. Beta diversity and similarity among cactus assemblages in the Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* 65: 513–528
- Griffith, P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American Journal of Botany* 91:1915-1921.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*. 111 (982).
- Hammer, O., D. A. T. Harper y P.D. Ryan. 2005. PAST-Paleontotological statistics, ver. 1.34. Paleontological Museum of Oslo.
- Harker, M., I.A. Garcia, y M.E. Riojas-López. 2008. Composición florística de cuatro hábitats en el rancho las papas de arriba, municipio de Ojuelos Jalisco, Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana* 85: 1-29.

- IUCN. 2001. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 3.1. Disponible en www.iucnredlist.org. Accesada el 24 de enero de 2016
- INEGI. 2005. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000, Serie III (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.
- IPADE. s/f. Deterioro ambiental y feminización de la pobreza. Generalitat Valenciana. Valencia, España. Disponible en: <http://www.fundacion-ipade.org/upload/pdf/folleto-feminizacion.pdf>. Accesado: 8 ene. 2017.
- Jiménez Herrero, Luis M. 1996. Desarrollo sostenible y Economía Ecológica. Integración medio ambiente-desarrollo y economía-ecología, Editorial Síntesis, Madrid.
- Johnson, D.E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. México, D.F. 566 pp
- Krebs, Ch.J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Editorial Harla, S.A. de C.V. México, D.F. 753 pp.
- Lincoln, R.J., G.A. Boxshall y P.F. Clark. 1995. Diccionario de ecología, evolución y taxonomía. Fondo de Cultura Económica. México, DF. 488 p.
- Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico 85.
- López, G. J.J., J. Gastó C., R. Nava C. y J. G. Medina T. 1977a. *Opuntia streptacantha* y su alternativa de transformación. Planeamiento y alternativas aplicadas en los ecosistemas de las Zonas áridas. Seminario 1976-1977. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 61 p.
- López G. J.J., J. Gastó C., R. Nava C. y J. G. Medina T. 1977b. Ecosistema *Opuntia streptacantha* Lemaire. Monografía Técnico-Científica. Vol. 3, Número 5. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pág. 394-545.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Nueva Jersey. 179 p.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford. Viii + 256p.
- Majure, L.C., R. Puente, M.P. Griffith, W.S. Judo, P.S. Soltis y D.E. Soltis. 2012. Phylogeny of *Opuntia* s.s. (Cactaceae): Clade delineation, geographic origins, and reticulate evolution. American Journal of Botany 99(5) 847-864.

- Marroquín, J. S., G. Borja, R. Velázquez y J. A. de la Cruz. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Publicación Especial 2, México. 165 pp. Martin, P. S. 1963.
- Medina, G.; G. Díaz; C. Loredó; V. Serrano; M. Cano. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de San Luis Potosí (Periodo 1961-2001). Libro Técnico No. 2. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México.
- Miranda F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179
- Monroy M.I y T. Calvillo. 1997. San Luis Potosí. Historia breve. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Mora C.A., E. Alanís, J. Jiménez, M.A. González, J.I Yerena y L.G. Cuellar. 2013. Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. Ecología Aplicada, 12(1). 29-34
- Moreira, F., G. Flores, L. Martínez, R. Palacios, R. Chiapa, A. Olvera, A. Pérez y P. González. 1998. Carta geológico-minera. San Luis Potosí. F 14-4. Escala 1:250000. Servicio Geológico Mexicano. Pachuca, Hidalgo, México.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- McAleece, N. 1997. Biodiversity professional beta. Version 2.0. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science. Oban.
- Palacios-Núñez, J., J.F. Martínez-Montoya, G. Olmos-Oropeza, J.M. Martínez-Calderas, D. Jiménez-García, O. Martínez-Castañeda, S.J. Méndez-Gallegos. 2012. Actualización de la abundancia de las nopaleras en el altiplano potosino oeste. X Simposium-Taller Nacional y III Internacional “Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey”. Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial 4:91-100.
- Puente, R. 1992. El género *Opuntia* (Cactaceae) en el valle de San Luis Potosí, S.L.P. Tesis de licenciatura. Escuela de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, San Luis Potosí.
- Puente, R. 1995. Distribución ecológica del género *Opuntia* en la zona árida de San Luis Potosí. Acta Científica Potosina XIII (2) 55-64.

- Reyes-Agüero., J.A; M. Vallejo R. (en prensa). El matorral crasicaule. En J. Flores y G. Martínez. Biodiversidad de San Luis Potosí. CONABIO y Gobierno del Estado de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Reyes-Agüero, J. A., F. González M. y J. D. García P. 1996. Flora vascular de la Sierra Monte Grande, municipio de Charcas, San Luis Potosí, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 58: 31-42
- Reyes-Agüero A., R. Aguirre R. y F. Carlín. 2004. Análisis preliminar de la variación morfológica de 38 variantes mexicanas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller In: El nopal, tópicos de actualidad. Esparza, G., R. Valdez y J. Méndez (eds.). Universidad Autónoma Chapingo y Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp 21-47
- Reyes-Agüero, A., R. Aguirre R. y H. Hernández. 2005. Notas sistemáticas y una descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (Cactaceae). Agrociencia 39: 395-408.
- Rubio-Licon, L.E., S. Romero-Rangel; E. Rojas-Zenteno. 2011. Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el estado de México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. 17(1): 77-90
- Rodríguez Z.1981. Fenología reproductiva y aporte de frutos y semillas en dos nopaleras del altiplano potosino-zacatecano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- Rzedowski, J. 1955. Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí. II. Estudio de diferencias florísticas y ecológicas condicionadas por ciertos tipos de sustrato geológico. Ciencia, Mex. 15: 141-158.
- Rzedowski, J. 1957. Vegetación de las partes áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 18: 49-101.
- Rzedowski, J. 1961. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rzedowski, J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Científica Potosina 5: 5-291.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Primera edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Rzedowski, J. y R. McVaugh. 1966. La Vegetación de Nueva Galicia. Contributions from the University of Michigan Herbarium. Volumen 9: 1-123

- Sánchez-Rodríguez, E.V., L. López-Mata, E. García-Moya y R. Cuevas-Guzmán. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73: 17-34.
- Smith, T. y R.L. Smith. 2007. *Ecología*. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 776 p
- Sutton, D. y P. Harmon. 1998. *Fundamentos de ecología*. Editorial Limusa. México, D.F. 293 pp.
- Takaki, F. s/f. Información básica para la construcción de la tasa de deforestación. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/rne/docs/Pdfs/Mesa3/20/FranciscoTakaki.pdf> Accesado: 30 oct. 2014.
- Tello E.R.; T. R Rojas; B. L. Macedo y M. W. Alegría. 2006. Eficiencia del método de cuadrante, sextante y el método de parcela cuadrada en el inventario de un bosque tropical, Iquitos-Perú. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Valdés-Sáenz, M., Y. García-Quintana, A. Escarré-Esteve, J. Flores, G. Geada-López, Y. Arteaga-Crespo. 2014. Estructura de un bosque natural perturbado de *Pinus tropicalis* Morelet en Galalón, Cuba. *Botanical Sciences* 92(3): 417-423.
- Vázquez-Negrín, I., O. Castillo-Acosta, J. Zavala-Cruz, J.I. Valdez-Hernández y J.L. Martínez-Sánchez. 2011. Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes, Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica*, 32: 41-61

Apéndice 1.

Catálogo de especies de plantas vasculares de las nopaleras del valle de San Luis Potosí. El superíndice 1 al inicio del nombre, indica que la especie es endémica de México, el superíndice 3 indica que la especie es introducida; la ausencia de superíndice indica que la especie es nativa de México. Clave del hábito de crecimiento: A árbol; AR arbusto, HP hierba perenne, HA hierba anual.

ACANTHACEAE

***Anisacanthus linearis* (S.H. Hagen) Henrickson & E.J. Lott**

AR

***Dischoriste decumbens* (A. Gray) Kuntze**

HP

ADIANTACEAE

***Cheilanthes bonariensis* (Willd.) Proctor**

HP

***Cheilanthes myriophylla* Desv. Mexquitic**

HP

***Cheilanthes sinuata* (Lag. ex Sw.) Domin**

HP

AMARANTHACEAE

***Guilleminea densa* (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Moq.**

HP

***Iresine schaffneri* S. Watson**

AR

ANACARDIACEAE

***Rhus microphylla* Engelm.**

AR

ASCLEPIADACEAE

***Metastelma angustifolia* Turcz.**

HP trepadora

ASPARAGACEAE

***Agave lechuguilla* Torr.**

AR

¹***Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck 1**

AR

¹***Yucca decipiens* Trel.**

A

ASPHODELACEAE

³***Asphodelus fistulosus* L.**

HP

ASTERACEAE

¹***Ageratina espinosarum* (A. Gray) R.M. King & H. Rob. 1**

AR

***Ageratum corymbosum* Zucagni ex Pers.**

AR

***Ambrosia confertiflora* DC.**

HP

***Aphanostephus ramosissimus* DC.**

HP

***Bahia absinthifolia* Benth.**

HP

¹***Brickellia secundiflora* (Lag.) A. Gray**

AR

***Chaetopappa ericoides* (Torr.) G.L. Nesom**

HP

***Conyza sophiifolia* Kunth**

HA

***Dahlia coccinea* Cav.**

HP

***Diplopappus pinnatifidus* Hook.**

HP

¹*Euphrosyne partheniifolia* DC.

HP

Flourensia cernua DC.

AR

¹*Gutierrezia sericocarpa* (A. Gray) M.A. Lane

HP

Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less.

AR

Heterosperma pinnatum Cav.

HA

Laennecia schiedeana (Less.) G.L. Nesom

HP

Laennecia sophifolia (Kunth) G.L. Nesom

HA

Parthenium incanum Kunth

AR

¹*Perymenium mendezii* DC.

AR

¹*Pseudognaphalium inornatum* (DC.) Anderb.

HP

Pseudognaphalium viscosum (Kunth) Anderb.

HP

Stevia salicifolia Cav.

AR

Thymophylla pentachaeta (DC.) Small

HP

Thymophylla setifolia Lag.

HP

¹*Tridax balbisioides* (Kunth) A. Gray

HP

¹*Trixis angustifolia* DC.

AR

Verbesina rothrockii B.L. Rob. & Greenm.

HP

****Verbesina oreopola* B.L. Rob. & Greenm.**

AR

¹*Zaluzania triloba* (Ortega) Pers.

HP

***Zinnia acerosa* (DC.) A. Gray**

HP

***Zinnia peruviana* (L.) L.**

HA

BERBERIDACEAE

***Berberis trifoliolata* Moric.**

AR

BORAGINACEAE

***Tiquilia canescens* (DC.) A.T. Richardson**

HP

BRASSICACEAE

***Halimolobos berlandieri* O.E. Schulz**

HA

BROMELIACEAE

***Hechtia glomerata* Zucc.**

AR

***Tillandsia recurvata* (L.) L.**

HP

***Tillandsia usneoides* (L.) L.**

HP

BUDDLEJACEAE

***Buddleja scordioides* Kunth**

AR

BURSERACEAE

Bursera fagaroides (Kunth) Engl.

AR

CACTACEAE

¹*Coryphantha radians* (DC.) Britton & Rose 1

AR

Cylindropuntia imbricata (Haw.) F. M. Knuth

AR

Cylindropuntia leptocaulis DC.

AR

Echinocereus cinerascens (DC.) Ruempler

AR

¹*Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay

AR

¹*Ferocactus latispinus* (Haw.) Britton & Rose

AR

¹*Mammillaria bocasana* Poselg.

AR

¹*Mammillaria magnimamma* Haw. 1

AR

¹*Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console

A

¹*Opuntia cantabrigiensis* Lynch

AR

¹*Opuntia durangensis* Britton & Rose

A

Opuntia engelmannii Salm-Dyck ex Engelm.

AR

¹*Opuntia hyptiacantha* F.A.C. Weber

A

¹*Opuntia lasiacantha* Pfeiff

A

¹*Opuntia leucotricha* DC.

A

¹*Opuntia megacantha* Salm-Dyck

A

¹*Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff.

AR

¹*Opuntia rastrera* F.A.C. Weber

AR

Opuntia robusta J.C. Wendl.

AR

¹*Opuntia streptacantha* Lem.

A

¹*Opuntia tomentosa* Salm-Dyck

A

Stenocactus multicosatus (Hildm.) A. Berger ex A.W. Hill

AR

CAESALPINIACEAE

Senna wislizenii (A. Gray) Irwin & Barneby

AR

CALOCHORTACEAE

Calochortus sp.

HP

CAPPARACEAE

Polanisia dodecandra (Cav.) Iltis

AR

CARYOPHYLLACEAE

¹*Cerdia congestiflora* Hemsl.

HP

¹*Drymaria arenarioides* Willd.

HA

Drymaria laxiflora Benth.

HA

¹*Scopulophila parryi* (Hemsl.) Johnston

HA

CELASTRACEAE

¹*Aconthothamnus aphyllus* (Schltdl.) Standl.

AR

CHENOPODIACEAE

Salsola kali L.

HA

COMMELINACEAE

Commelina tuberosa L.

HP

¹*Gibasis karwinskiana* (Schultes f.) Rohw.

HP

¹*Gibasis linearis* (Benth.) Rohweder

HP

¹*Tradescantia crassifolia* Cav.

HP

CONVOLVULACEAE

Dichondra argentea Humb. & Bonpl. ex Willd.

HP

Evolvulus alsinoides L.

HP

CRASSULACEAE

³*Bryophyllum delagoense* (Eckl. & Zeyh.) Schinz

HP

Echeveria elegans Rose

HP

Echeveria mucronata (Backeb.) Schltdl.

HP

***Villadia aristata* Moran**

HP

CYPERACEAE

***Cyperus spectabilis* Link**

HP

EUPHORBIACEAE

***Acalypha phleoides* Cav.**

HP

***Euphorbia prostrata* Aiton**

HA

***Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.**

AR

***Tragia nepetifolia* Cav.**

HP

FABACEAE

***Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd.**

AR

***Eysenhardtia polystachya* Benth.**

AR

***Macroptilium gibbosifolium* (Ortega) A. Delgado**

HP

***Zornia reticulata* J.E. Sm.**

HP

LAMIACEAE

***Salvia ballotiflora* Benth.**

AR

LOASACEAE

***Mentzelia hispida* Willd.**

HP

MALVACEAE

Herissantia crispa (L.) Brizicky

HP

Sida abutilifolia Mill.

HP

Sphaeralcea angustifolia (Cav.) G. Don

HP

MIMOSACEAE

Acacia constricta Benth.

AR

Acacia farnesiana (L.) Willd.

A

Acacia schaffneri (S. Watson) F.J. Herm.

A

Calliandra eriophylla Benth.

AR

Mimosa aculeaticarpa Ortega

AR

Prosopis glandulosa Torr.

A

Prosopis laevigata (Willd.) M.C. Johnst.

A

OLEACEAE

Menodora coulteri A. Gray

HP

OXALIDACEAE

Oxalis decaphylla Kunth

HA

PLANTAGINACEAE

Plantago linearis Kunth

HA

PLUMBAGINACEAE

***Plumbago pulchella* Boiss.**

HP

POACEAE

***Achnatherum eminens* (Cav.) Barkworth**

HP

***Aristida adscensionis* L.**

HA

***Aristida divaricata* Humb. & Bonpl. ex Willd.**

HP

***Bothriochloa barbinodis* (Lag.) Herter**

HP

***Bouteloua aristidoides* (Kunth) Griseb.**

HA

***Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.**

HP

***Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus**

HP

***Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag.**

HP

***Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. & Merr.**

HP

***Bouteloua simplex* Lag.**

HA

¹*Bouteloua stolonifera* Scribn.

HP

³*Cenchrus ciliaris* L.

HP

***Dasyochloa pulchella* (Kunth) Willd. ex Rydb.**

HP

***Digitaria californica* (Benth.) Henrard**

HP

***Eragrostis intermedia* Hitchc.**

HP

***Eragrostis mexicana* (Hornem.) Link**

HA

³***Eragrostis sp.***

HP

***Erioneuron avenaceum* (Kunth) Tateoka**

HP

***Leptochloa dubia* (Kunth) Nees**

HP

***Lycurus phleoides* Kunth**

HP

³***Melinis repens* (Willd.) Zizka**

HP

***Microchloa kunthii* Desv.**

HP

***Muhlenbergia glauca* (Nees) Mez**

HP

***Muhlenbergia implicata* (Kunth) Trin**

HP

***Muhlenbergia rigida* (Kunth) Trin.**

HP

***Nassella leucotricha* (Trin. & Rupr.) R.W. Pohl**

HP

***Panicum lepidulum* Hitchc.**

HP

***Panicum obtusum* Kunth**

HP

***Piptochaetium fimbriatum* (Kunth) Hitchc.**

HP

***Scleropogon brevifolius* Phil.**

HP

***Setaria macrostachya* Kunth**

HP

***Sporobolus airoides* (Torr.) Torr.**

HP

¹***Sporobolus trichodes* Hitchc.**

HA

***Stipa* sp.**

HP

POLEMONIACEAE

***Loeselia coerulea* (Cav.) G. Don**

HP

POLYGONACEAE

***Polygonum aviculare* L.**

HP

PORTULACACEAE

***Portulaca oleracea* L.**

HA

***Portulaca pilosa* L.**

HP

***Talinopsis frutescens* A. Gray**

HP

RANUNCULACEAE

***Clematis dioica* L.**

HP

RHAMNACEAE

***Adolphia infesta* (Kunth) Meisn.**

AR

***Ceanothus pauciflorus* DC.**

AR

¹***Condalia fasciculata* I.M. Johnst.**

AR

RUBIACEAE

***Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltl.**

AR

***Houstonia rubra* Cav.**

HP

SAPINDACEAE

¹*Cardiospermum halicacabum* L.

HP

SCROPHULARIACEAE

***Mecardonia procumbens* (Mill.) Small**

HA

SELAGINELLACEAE

***Selaginella lepidophylla* (Hook. & Grev.) Spring**

HP

***Selaginella rupincola* Underw.**

HP

SOLANACEAE

***Lycium berlandieri* Dunal**

AR

³*Nicotiana glauca* Graham

AR

***Physalis philadelphica* Lam.**

HA

***Solanum elaeagnifolium* Cav.**

HP

***Solanum nigrescens* Mart. & Gal.**

HP

ULMACEAE

***Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm.**

AR

VERBENACEAE

***Aloysia gratissima* (Gill. & Hook.) Troncoso**

AR

***Verbena gracilis* Desf.**

HP

ZYGOPHYLLACEAE

***Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville**

AR

Apéndice 2.

Acrónimos de las especies mencionadas en los Cuadros del 3 al 12

Acrónimo	Especie
Acph	<i>Acalypha phleoides</i>
Acem	<i>Achnatherum eminens</i>
Amco	<i>Ambrosia confertiflora</i>
Apra	<i>Aphanostephus ramosissimus</i>
Arad	<i>Aristida adscensionis</i>
Ardi	<i>Aristida divaricata</i>
Asfi	<i>Asphodelus fistulosus</i>
Baab	<i>Bahia absinthifolia</i>
Boba	<i>Bothriochloa barbinodis</i>
Boar	<i>Bouteloua aristidoides</i>
Bocu	<i>Bouteloua curtispendula</i>
Boda	<i>Bouteloua dactyloides</i>
Bogr	<i>Bouteloua gracilis</i>
Bosi	<i>Bouteloua simplex</i>
Bost	<i>Bouteloua stolonifera</i>
Casp	<i>Calochortus</i> sp.
Ceco	<i>Cerdia congestiflora</i>
Chbo	<i>Cheillanthes bonariensis</i>
Chmy	<i>Cheillanthes myriophylla</i>
Chsi	<i>Cheillanthes sinuata</i>
Cldi	<i>Clematis dioica</i>
Cotu	<i>Commelina tuberosa</i>
Cosp	<i>Conyza</i> sp.
Cysp	<i>Cyperus spectabilis</i>
Dasp	<i>Dalea</i> sp.
Dapu	<i>Dasyochloa pulchella</i>
Diar	<i>Dichondra argentea</i>
Dica	<i>Digitaria californica</i>
Dide	<i>Dischoriste decumbens</i>
Drar	<i>Drymaria arenarioides</i>
Drla	<i>Drymaria laxiflora</i>
Ecel	<i>Echeveria elegans</i>
Erin	<i>Eragrostis intermedia</i>
Erme	<i>Eragrostis mexicana</i>
Ersp	<i>Eragrostis</i> sp.
Erav	<i>Erioneuron avenaceum</i>
Eupr	<i>Euphorbia prostrata</i>
Eupa	<i>Euphrosyne partheniifolia</i>
Eval	<i>Evolvulus alsinoides</i>

Gika	<i>Gibasis karwinskiana</i>
Gili	<i>Gibasis linearis</i>
Gude	<i>Guilleminea densa</i>
Hecr	<i>Herissantia crispa</i>
Hepi	<i>Heterosperma pinnata</i>
Horu	<i>Houstonia rubra Cav.</i>
Lasc	<i>Laennecia schiedeana</i>
Laso	<i>Laennecia sophiifolia</i>
Ledu	<i>Leptochloa dubia</i>
Loca	<i>Loeselia caerulea</i>
Losp	<i>Lopezia sp.</i>
Lyph	<i>Lycurus phleoides</i>
Mere	<i>Melinis repens</i>
Meco	<i>Menodora coulteri</i>
Miku	<i>Microchloa kunthii</i>
Misp	<i>Mirabilis sp.</i>
Mupl	<i>Muhlenbergia plumbea</i>
Muri	<i>Muhlenbergia rigida</i>
Nale	<i>Nasella leucotricha</i>
Nigl	<i>Nicotiana glauca</i>
Oxde	<i>Oxalis decaphylla</i>
Pale	<i>Panicum lepidulum</i>
Paob	<i>Panicum obtusum</i>
Phph	<i>Physalis philadelphica</i>
Pifi	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>
Plli	<i>Plantago linearis</i>
Pool	<i>Portulaca oleracea</i>
Psin	<i>Pseudognaphalium inornatum</i>
Saka	<i>Salsola kali</i>
Scbr	<i>Scleropogon brevifolius</i>
Scpa	<i>Scopulophila parryi</i>
Segr	<i>Setaria grisebachii</i>
Sema	<i>Setaria macrostachya</i>
Siab	<i>Sida abutifolia</i>
Soel	<i>Solanum elaeagnifolium</i>
Soni	<i>Solanum nigrescens</i>
Span	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>
Tafr	<i>Talinopsis frutescens</i>
Trcr	<i>Tradescantia crassifolia</i>
Trne	<i>Tragia nepetifolia</i>
Trpu	<i>Tripogandra purpuracens</i>
Vero	<i>Verbesina rothrockii</i>
Viar	<i>Villardia aristata</i>
Ziac	<i>Zinnia acerosa</i>

ESTRATO ARBUSTIVO

Acco	<i>Acacia constricta</i>
Adin	<i>Adolphyia infestans</i>
Agle	<i>Agave lechuguilla</i>
Agsa	<i>Agave salmiana</i>
Agsp	<i>Ageratina spinosarum</i>
Agco	<i>Ageratum corymbosum</i>
Algr	<i>Aloysia gratissima</i>
Anli	<i>Anisacanthus linearis</i>
Betr	<i>Berberis trifoliata</i>
Bote	<i>Bouvardia ternifolia</i>
Brse	<i>Brickellia secundiflora</i>
Brve	<i>Brickellia veronicifolia</i>
Busc	<i>Buddleja scordioides</i>
Bufa	<i>Bursera fagaroides</i>
Caer	<i>Calliandra eriophylla</i>
Cepa	<i>Ceanothus pauciflorus</i>
Ceeh	<i>Celtis ehrenbergiana</i>
Cofa	<i>Condalia fasciculata</i>
Cyim	<i>Cylindropuntia imbricata</i>
Cyle	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>
Dabi	<i>Dalea bicolor</i>
Ecci	<i>Echinocereus cinerascens</i>
Eypo	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
Fehi	<i>Ferocactus histrix</i>
Fela	<i>Ferocactus latispinus</i>
Fice	<i>Flourensia cernua</i>
Gygl	<i>Gymnosperma glutinosum</i>
Hegl	<i>Hechtia glomerata</i>
Irsc	<i>Iresine schaffneri</i>
Jadi	<i>Jatropha dioica</i>
Latr	<i>Larrea tridentata</i>
Lybe	<i>Lycium berlandieri</i>
Miac	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>
Opca	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>
Open	<i>Opuntia engelmannii</i>
Opmi	<i>Opuntia microdasis</i>
Opra	<i>Opuntia rastrera</i>
Opro	<i>Opuntia robusta</i>
Pain	<i>Parthenium incanum</i>
Peme	<i>Perymenium mendezii</i>
Plpu	<i>Plumbago pulchella</i>

Rhmi	<i>Rhus microphylla</i>
Saba	<i>Salvia ballotiflora</i>
Sewi	<i>Senna wislizenii</i>
Stmu	<i>Stenocactus multicosatus</i>
Stsa	<i>Stevia salicifolia</i>
Tran	<i>Trixis angustifolia</i>
Veor	<i>Verbesina oreopola</i>
Zatr	<i>Zaluzania triloba</i>

ESTRATO ARBORESCENTE

Acfa	<i>Acacia farnesiana</i>
Acsc	<i>Acacia schafnerii</i>
Myge	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>
Opdu	<i>Opuntia durangensis</i>
Ophy	<i>Opuntia hyptiacantha</i>
Opla	<i>Opuntia lasiacantha</i>
Ople	<i>Opuntia leucotricha</i>
Opme	<i>Opuntia megacantha</i>
Opst	<i>Opuntia streptacantha</i>
Opto	<i>Opuntia tomentosa</i>
Prgl	<i>Prosopis glandulosa</i>
Prla	<i>Prosopis laevigata</i>
Yude	<i>Yucca decipiens</i>

Apendice 3. Representación gráfica de los valores de densidad, área basal y cobertura aérea de estrato arborescente y cobertura aérea y área basal del estrato herbáceo, en las nopalera estudiadas del valle de San Luis Potosí.



Figura 8. Valores de densidad del estrato arborescente en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí. Los sitios se ordenaron con base en el lugar que ocupan, de izquierda a derecha, sobre la dimensión uno de la gráfica que ilustra el resultado del análisis de componentes principales.



Figura 9. Valores del área basal del estrato arborescente en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí. Los sitios se ordenaron con base en el lugar que ocupan, de izquierda a derecha, sobre la dimensión uno de la gráfica que ilustra el resultado del análisis de componentes principales.



Figura 10. Valores de cobertura aérea del estrato arborescente en las nopaleras del valle de San Luis Potosí. Los sitios se ordenaron con base en el lugar que ocupan, de izquierda a derecha, sobre la dimensión uno de la gráfica que ilustra el resultado del análisis de componentes principales.

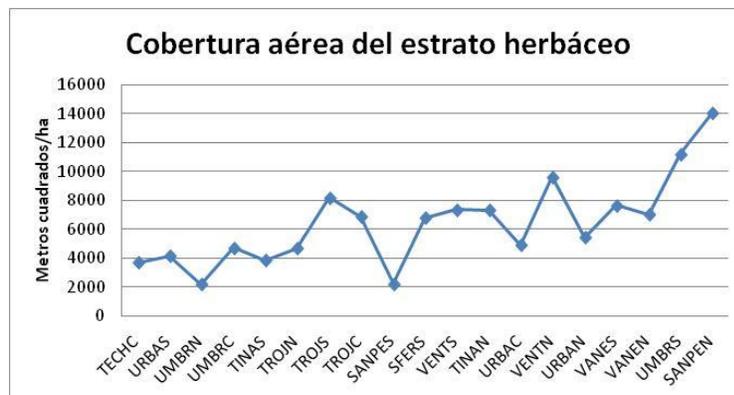


Figura 11. Valores de cobertura aérea del estrato herbáceo en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí. Los sitios se ordenaron con base en el lugar que ocupan, de abajo hacia arriba, sobre la dimensión dos de la gráfica que ilustra el resultado del análisis de componentes principales.



Figura 12. Valores de área basal del estrato herbáceo en las nopaleras estudiadas del valle de San Luis Potosí. Los sitios se ordenaron con base en el lugar que ocupan, de abajo hacia arriba, sobre la dimensión dos de la gráfica que ilustra el resultado del análisis de componentes principales.