

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE CACTÁCEAS
DE LA ALDEA SAN JORGE, ZACAPA, ZACAPA
TESIS DE GRADO**

MARVIN ESTUARDO PAÍZ TOBAR
CARNET 61446-98

ZACAPA, NOVIEMBRE DE 2014
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE CACTÁCEAS
DE LA ALDEA SAN JORGE, ZACAPA, ZACAPA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
MARVIN ESTUARDO PAÍZ TOBAR

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
HORTÍCOLAS

ZACAPA, NOVIEMBRE DE 2014
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. ADRIAN FRANCISCO SALGUERO -

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN MGTR.
MARÍA DEL PILAR NEGREROS PRATDESABA ING.
LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN
ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

Guatemala 27 de Noviembre de 2014

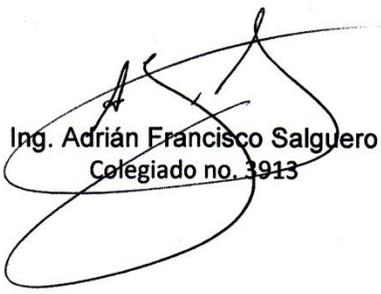
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Marvin Estuardo Paíz Tobar, carné 61446-98, titulada: "Caracterización de la Comunidad de cactáceas de la aldea San Jorge, Zacapa, Zacapa.

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Adrián Francisco Salguero
Colegiado no. 3913



**Universidad
Rafael Landívar**
Tradición Jesuita en Guatemala

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06238-2014**

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARVIN ESTUARDO PAÍZ TOBAR, Carnet 61446-98 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 06118-2014 de fecha 13 de noviembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE CACTÁCEAS
DE LA ALDEA SAN JORGE, ZACAPA, ZACAPA**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de noviembre del año 2014.



**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**



AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS: Que me dio la vida, la sabiduría y la bendición para superarme.

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y
AGRÍCOLAS: Por ser parte de mi formación.

DIDICATORIA:

A DIOS: Quien siempre me ha dado su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodea.

A MI MADRE: Berta Tobar, a quien quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

A MIS HIJOS: Luna María, Marvin Estuardo, Alicia María, Javier André, los amo mucho, por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 Cactáceas	3
2.1.1 Clasificación botánica y taxonómica de las cactáceas	5
2.1.2 Características morfológicas de las cactáceas	6
2.1.3 Usos de las cactáceas	9
2.1.4 Importancia económica de las cactáceas en Guatemala	10
2.1.5 Las cactáceas en Guatemala	11
2.1.6 Las cactáceas en Zacapa	12
2.1.7 Amenazas de las cactáceas en Zacapa	13
2.2 Restauración Ecológica	16
2.3 Análisis de la Vegetación	18
2.3.1 Estructura vertical	18
2.3.2 Concepción Dinámica	18
2.3.3 Concepción Funcional	19
2.3.4 Concepción Estructural	19
2.4 Índices a partir de características fisionómicas	20
2.4.1 Estructura horizontal	20
2.4.2 Índices de importancia ecológica	20
2.4.3 Análisis de la Vegetación	22
2.4.4 Diversidad	23
2.4.5 Riqueza	23
2.4.6 Análisis Multivariado	23
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
3.1 Definición del problema y justificación	25
IV. OBJETIVOS	27
4.1 Objetivo general	27
4.2 Objetivos específicos	27
V. MATERIALES Y METODOS	28
5.1 Ubicación del área de estudio	28
5.2 Fase de preparación del estudio	29
5.3 Muestreo de la vegetación	29
5.4 Variables evaluadas	33
5.5 Procesamiento y análisis de la información	34
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
6.1 Identificación de las especies de cactáceas	35
6.1.1 Delimitación del área de estudio de la aldea San Jorge, Zacapa	35
6.1.2 Tamaño y forma de las unidades de muestreo	36
6.1.3 Intensidad de muestreo	38
6.2 Riqueza y abundancia florística	40
6.3 Importancia ecológica de las especies	48
6.3.1 Frecuencia de cactáceas en áreas de muestreo	48

CONTENIDO	PAGINA
6.3.2 Cobertura de cactáceas	50
6.3.3 Índice de valor de importancia	52
6.4 Uso de las cactáceas encontradas en la aldea San Jorge, Zacapa	54
VII. CONCLUSIONES	55
VIII. RECOMENDACIONES	57
IX. BIBLIOGRAFIA	58
ANEXOS	62

INDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PAGINA
1	Géneros de cactus, número de especies nativas, exóticas y endémicas de las selvas húmedas y cálidas de la familia Cactáceae en Guatemala.	13
2	Cálculo de la media acumulada de los subconjuntos de unidades de muestreo para la vegetación de cactáceas, aldea San Jorge, Zacapa.	32
3	Delimitación y descripción de la zona de la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.	37
4	Estimación del área mínima de muestreo. Notar que se continuó aumentando el área hasta llegar a las 7 especies que se esperaban encontrar en el área.	38
5	Cálculo de la media acumulada de los subconjuntos de unidades de muestreo para de especies de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.	39
6	Listado de especies de cactáceas del monte espinoso que se encuentran en la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.	41
7	Riqueza y abundancia florística de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.	42
8	Uso de las cactáceas encontradas en la aldea San Jorge, Zacapa.	53

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PAGINA
1	Ubicación del área de estudio de la aldea San Jorge, Zacapa.	28
2	Forma de las unidades para determinar el área mínima de muestreo.	30
3	Area mínima de muestreo.	31
4	Mapa del área de estudio y localización de las áreas y unidades de muestreo muestreadas, en San Jorge, Zacapa, 2012.	37
5	Media acumulada de especies de cactáceas identificadas en el territorio de la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.	40
6	Abundancia de especies de cactáceas en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	46
7	Abundancia relativa de las especies de cactáceas presente en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	47
8	Frecuencia de especies de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	49
9	Frecuencia relativa en porcentaje de las especies de cetáceas en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	49
10	Cobertura de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	50
11	Cobertura relativa de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	51
12	Índice de valor de importancia de las especies de cactáceas presentes en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.	53

CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES CACTACEAS DE LA ALDEA SAN JORGE, ZACAPA, ZACAPA.

RESUMEN

El estudio se realizó en la aldea de San Jorge del municipio de Zacapa, que se localiza en la zona semiárida del Monte Espinoso Subtropical (Me-S) del Valle del Motagua. El objetivo fue caracterizar la composición florística de las comunidades vegetales de cactáceas en la aldea San Jorge, del municipio de Zacapa, debido a estas se encuentran bajo presión por las actividades humanas y varias de ellas son especies muy importantes para la biodiversidad del país. Se identificaron siete especies de cactáceas de las quince reportadas para la región, las cuales fueron: *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O.; *Myrtillocactus eichlamii*; *Nopalea guatemalensis*; *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R.; *Nopalea lutea* Rose; *Cephalocereus maxonii* Rose y *Stenocereus pruinosus*. El espécimen que se encontró con mayor frecuencia (número de individuos por unidad de área) fue *Nopalea guatemalensis* que se presentó en todas las parcelas; la mayor densidad (área que ocupan los especímenes) la presentó *Cephalocereus maxonii* Rose con 156 individuos/ha y con mayor cobertura fue *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. con 2,503 m²/ha. El espécimen de cactáceas con mayor densidad no siempre es el que presenta la mayor cobertura, esto se debe al estado fragmentado de los ecosistemas de cactáceas en el área. Dentro de las especies de cactáceas que ejercen el mayor índice de valor de importancia fueron: *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R., *Nopalea guatemalensis* y *Cephalocereus maxonii* Rose respectivamente, que por sus características naturales predominan sobre las demás especies, pero no limitan el desarrollo de estas. Los usos principales de las cactáceas en el área de estudio son: alimentación humana, especies de ganado menor, medicinal, como cercos vivos, leña y ornamentales.

CHARACTERIZATION OF VEGETABLE COMMUNITIES OF THE CACTACEOUS FOREST OF ALDEA SAN JORGE, ZACAPA, ZACAPA

SUMMARY

The study was carried out in Aldea San Jorge, municipality of Zacapa, located in the semi-arid zone of the subtropical thorny mountain (Me-S, for its acronym in Spanish) of the Motagua valley. The objective was to characterize the floral composition of the vegetable cactus communities in Aldea San Jorge, municipality of Zacapa, because they are under pressure due to human activities and some of them are very important species for the country's biodiversity. Seven cactus species were identified from the fifteen reported in the region, which are: *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O.; *Myrtillocactus eichlamii*; *Nopalea guatemalensis*; *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. and R.; *Nopalea lutea* Rose; *Cephalocereus maxonii* Rose, and *Stenocereus pruinusus*. The specimen more frequently found (number of individuals per unit) was *Nopalea guatemalensis* and it appeared in all the plots. The highest density (area covered by the specimens) was shown by *Cephalocereus maxonii* Rose, with 156 individuals/ha and *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. and R. showed the highest coverage, with 2,503 m²/ha. The cactus specimen with highest density does not always show the highest coverage; this is because of the fragmented condition of the cactaceous ecosystems in the area. Among the cactus species with the highest importance value index were: *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. and R., *Nopalea guatemalensis*, and *Cephalocereus maxonii* Rose, respectively. Due to their natural characteristics, they dominate the area, but do not limit the development of the same. The main uses given to the cactus available in the studied area are: human food, food for small livestock, medicines, as live fences, firewood, and ornamental plants.

I. INTRODUCCION

La aldea de San Jorge del municipio de Zacapa es parte de la zona semiárida del Monte Espinoso Subtropical (Me-S) del Valle del Motagua. En el Monte Espinoso Subtropical se encuentran muchas especies de cactáceas, algunas de estas endémicas, pero este ecosistema natural es afectado por una serie de problemas de carácter económico, social y cultural, que las ponen en peligro de extinción actualmente.

Las cactáceas han sido un recurso alimenticio y económico, importante especialmente por el agua que contienen sus tejidos, por la gran cantidad de hidratos de carbono en sus frutos y las proteínas y grasas de las semillas; además proveen forraje, fármacos, gomas jabón, setos vivos, ornamentos y son representantes muy importantes de la biodiversidad del país.

Sin embargo, son objeto de una fuerte presión por parte de los pobladores de la comunidad y de comunidades vecinas, así como por las empresas meloneras para ampliar las áreas de cultivo, especialmente en la producción de frutos de melón bajo condiciones de riego. También por la deforestación para la construcción de viviendas y la obtención de leña para consumo del hogar como fuente de energía, etc., lo que ha causado de forma progresiva la pérdida de la biodiversidad de estas plantas.

Actualmente según Veliz (2010), existen en la zona del valle del Motagua 15 especies de cactáceas entre nativas y endémicas, de las cuales algunas se encuentran en la lista roja de especies en peligro de extinción del CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas) y en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES).

Actualmente se desconoce que especies de cactáceas conforman las comunidades vegetales de la aldea San Jorge, cuál es su distribución natural, la estructura del bosque, y cuáles son las especies dominantes o indicatoras, las escasamente

representadas y las endémicas. Por ello es importante realizar un estudio de caracterización ecológica de la zona de cactáceas en la región semiárida de la aldea de San Jorge, donde se pueda conocer y cuantificar la situación actual de cactáceas, así como determinar cuáles son los usos que la población les dá y su importancia económica.

La presente investigación tuvo como finalidad aportar información básica respecto a la determinación de las especies, composición de las comunidades vegetales, así mismo permitió determinar el Valor de Importancia de estas especies. Esta información será de utilidad para valorar el ecosistema de cactáceas y establecer criterios de su manejo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Cactáceas

De acuerdo a Ríha y Subik (1991), los miembros de la familia Cactaceae, se conocen como cactus; son nativos del continente Americano y se encuentran desde Canadá hasta el sur de Argentina, desde el litoral hasta los 4,000 msnm. Los cactus evolucionaron en los últimos 80 millones de años, a partir de plantas no suculentas con hojas desarrolladas, con fotosíntesis C₃. El origen filogenético de estas formas se encuentra entre las antiguas dicotiledóneas del orden Caryophyllales, el cual dio origen a las primeras Pereskioideas, Opuntioideas y Cactoideas, que constituyen, en orden evolutivo, las subfamilias de las cactáceas (Bravo,1978).

Las cactáceas habitan en lugares áridos y semiáridos del continente americano, sin embargo también se encuentran en zonas tropicales húmedas. En las regiones desérticas, semidesérticas, a veces cubiertas de bosques secos, chaparrales o matorrales espinosos de América del Norte y de Centroamérica se encuentran la mayor variedad de cactus, los cuales llegan a dominar las asociaciones vegetales y determinar el paisaje (Ríha y Subik, 1991).

De acuerdo a Holdridge (1959), la zona semiárida de Guatemala está clasificada como bosque subtropical muy seco o espinoso. El chaparral espinoso constituye una biomasa discontinua representada por tres regiones de naturaleza semiárida. La primera en los alrededores de Nentón, al pie de la Sierra de los Cuchumatanes; la segunda en una estrecha faja que corre a lo largo del valle del río Negro o Chixoy, desde el sur del pueblo de Aguacatán hasta el triffinio de El Quiche, Baja Verapaz y Alta Verapaz, penetrando los valles de Rabinal, Chicaj, Salamá y San Jerónimo; y la tercera y más amplia entre los departamentos de El Progreso y Zacapa. Esta última posee una superficie aproximada de 928 km² en altitudes que van de los 140 a los 560 msnm, rodeada por la Sierra de las Minas al norte, la montaña de Jalapa al sur y la Sierra del

Merendón al este. Incluye un valle de aproximadamente de 75 km de longitud, atravesado por el río Motagua en el cual desembocan numerosos ríos (Villar, 1998).

Las cactáceas han sufrido varias modificaciones para poder adaptarse y sobrevivir al ambiente al que están expuestas. Adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten acumular agua durante los meses de sequía y al mismo tiempo evitar la evapotranspiración (Bravo y Scheinvar, 1995). Poseen estructuras especializadas debido al medio desértico en el que crecen, adaptaciones para trepar en el caso de especies en las selvas tropicales húmedas y por el tipo de polinización también experimentan cambios. En la evolución de sus estructuras han actuado diferentes tendencias morfológicas como: fusión de partes de un órgano, reducción del tallo, modificaciones de las hojas y cambio de simetría de las flores, tendencias que en conjunto han llevado a establecer posibles líneas filogenéticas (Bravo, 1978).

De acuerdo al medio árido donde habitan las cactáceas, éstas han tenido que adaptarse para sobrevivir. Lo cual han logrado con ciertas modalidades en sus diversos procesos fisiológicos, como el intercambio gaseoso y la obtención de energía. La respiración, transpiración y asimilación del carbono están determinadas por la estructura crasa de los tallos y por la apertura nocturna de los estomas, ya que evitan la pérdida de agua, porque la temperatura es más baja durante la noche que durante el día y es entonces cuando ocurre el intercambio gaseoso. Las cactáceas poseen un metabolismo fotosintético ácido crasuláceo (CAM). La entrada del CO_2 ocurre únicamente de noche, este gas como no se utiliza de inmediato por la falta de luz solar, se transforma en un ácido orgánico, en un malato, permaneciendo en este estado durante la noche y liberándose al principiar el día para continuar con el proceso de fotosíntesis (Bravo y Scheinvar, 1995).

El crecimiento de los cactus, al igual que en otras plantas, se da por la actividad de los tejidos embrionarios, meristemos vegetativos que se localizan en la punta de las raíces y de los tallos, en el cambium y en las yemas, en el caso de cactus en las aréolas, que

dan origen a brotes, flores, espinas, etc. Un aspecto importante es su lento crecimiento, que a veces dura cientos de años (Amador, 2001).

Las condiciones climáticas son un factor determinante en el crecimiento de las cactáceas, así como lo son los factores genéticos, metabólicos y las hormonas vegetales que se forman en los tejidos y se movilizan a través del sistema vascular. Entre estas hormonas están las auxinas, giberelinas y citoquininas (Amador, 2001).

La reproducción puede ser asexual por multiplicación vegetativa, debido al desprendimiento de artículos que una vez en el suelo brotan por sus aréolas o bien pueden reproducirse sexualmente (Paniagua, 1980). La reproducción sexual ocurre en primavera. La flor se abre y entra en anthesis. Por los brillantes colores, el olor agradable o desagradable, la forma y el néctar que producen, llegan a ellas numerosos insectos, murciélagos, aves y mariposas que llevan a cabo la polinización. La polinización es cruzada (alogamia), pues generalmente ocurre protandria, el polen madura antes que el estigma esté en aptitud de recibirlo (Paniagua, 1980).

La germinación de semillas de cactáceas es un proceso difícil, debido al medio en que se encuentran, aun cuando los frutos produzcan numerosas semillas, sólo unas cuantas logran germinar. Las plántulas que logran desarrollarse son aquellas que sobreviven a una serie de adversidades, tanto climáticas como biológicas. Es de considerar también las condiciones ecológicas actuales a las que están expuestas, las cuales hacen aún más difícil su sobrevivencia y reproducción (CONABIO, 1997).

2.1.1 Clasificación botánica y taxonómica de las cactáceas

De acuerdo a Guzmán, Arias y Dávila (2007), la clasificación taxonómica de las cactáceas es la siguiente:

Reino Plantae
División Magnoliophyta
Clase Magnoliopsida
Orden Caryophyllales

- Familia Cactaceae
 - Subfamilia I: Pereskioideae
 - Subfamilia II Opuntioideae
 - Subfamilia III: Cactoideae
 - Tribu 1: Hylocereeae.
 - Tribu 2: Echinocereeae.
 - Tribu 3: Pachycereeae.
 - Tribu 4: Browningieae
 - Tribu 5: Cereeae.
 - Tribu 6: Notocacteeae.
 - Tribu 7: Trichocereeae.
 - Tribu 8: Rhipsalideae.
 - Tribu 9: Cacteeae.

2.1.2 Características morfológicas de las cactáceas

Según Reyes, Brachet, Pérez y Gutiérrez (2004), las cactáceas son plantas xerófitas, suculentas y generalmente provistas de una armadura de espinas. Son plantas perennes que se han adaptado para vivir en condiciones de extrema aridez. Se caracterizan por lo tanto, por una serie de modificaciones morfológicas que les permite almacenar agua y retenerla por largos períodos.

Las raíces están adaptadas para absorber un gran volumen de agua en forma muy rápida, por lo que, generalmente, son muy ramificadas y extendidas. Las raíces de las cactáceas presentan un gran poliformismo. En el caso del género *Mammillaria*, sus raíces son superficiales y muy ramificadas, captan rápidamente cualquier humedad. En otros casos, como en el género *Peniocereus*, por ejemplo, las raíces desempeñan la función de almacenar el agua. Separada del tallo por un cuello estrecho, está hinchada y puede pesar varios kilogramos, tiene raíz napiforme. Las plantas del género *Epyphillum* son las que desarrollan las raíces aéreas, esto es señal de buena salud (Reyes *et al.*, 2004; Stewt, 2004).

El tallo de las cactáceas ha evolucionado hacia formas cilíndricas o globosas, que a mayor volumen presentan una menor superficie, reduciendo así el área expuesta a la evaporación. Sus hojas se redujeron y se transformaron en espinas, desapareciendo casi por completo (salvo en los géneros *Pereskia* y *Pereskiopsis*), perdurando tan solo

como hojas vestigiales muy reducidas en los tallos jóvenes de los nopales. Al desaparecer las hojas el tallo tuvo que asumir las funciones clorofilianas y de respiración de las hojas, por lo que los tallos de las cactáceas son verdes y están provistos de estomas y parénquimas clorofilianos (Reyes *et al.*, 2004).

Por tener la función de órgano de almacenamiento, el tallo está, la mayoría de las veces hinchado. Puede tener forma de bola (*Mammillaria*), alargada (*Cereus*) o aplanada. Según la especie y el género, el tallo presenta divisiones: costillas, que a su vez pueden estar divididas en pezones. Para clasificar las cactáceas, son fundamentales estos datos, ya que describen la planta (Stewt, 2004).

El carácter más distintivo de las cactáceas es la presencia de areolas en sus tallos y frecuentemente en sus flores y frutos. Las areolas son órganos especializados que corresponden a los nudos de otras plantas, de donde emergen las hojas, ramas y flores. Las areolas en general son redondeadas y consisten de yemas que dan origen a fieltro, lana, pelos, cerdas, glóquidas y espinas que corresponden a las hojas de las otras plantas; dan origen también a otras ramas y a las flores (Reyes *et al.*, 2004).

La areola, pequeña mata de pelos que no es más que una yema lateral, en el caso de la *Opuntia* los pequeños aguijones redondos que crecen de las areolas pueden causar pinchazos muy dolorosos. En otros géneros, crecen del centro y del radio de las areolas los aguijones. Los aguijones son lisos u ondulados (por una cara) y tienen aspectos muy variados. En las *Mammillaria* y *Ferocactus* pueden ser de forma de gancho, largos y en forma de papiro (como de papel) en *Leuchtenbergia* y *Toumeyia*, con forma de sierra, en algunos *Echinocereus*, *Sulcorebutia* o *Pelecycphora* largos y fuertes (Stewt, 2004).

Todas las cactáceas florecen y sus flores son muy variadas: en las *Mammillaria*, pequeñas y en forma de corona, en los *Melocactus* salen de un cefalio, en las *Epiphyllum* las flores son muy grandes, de color amarillo, malva, rojas incluso bicolors (*Sulcorebutia*), sus pétalos sedosos aparecen durante todo el año. De enero a junio

florecerán las *Mammillaria*, en verano los *Notocactus* y *Parodia*, en otoño las *Neoporteria* y en navidades las *Schlumbergera* (Stewt, 2004).

Después de la polinización aparecen los frutos, a veces más espectaculares que las flores. Pueden ser redondos, alargados u ovalados. El tamaño puede ser muy diferente, unos pocos milímetros (*Epithelantha*) o más de 10 cm (*Hylocereus*). Suelen ser carnosos y rojos, para atraer los animales. La dispersión de las semillas ocurre cuando el fruto se pudre o lo ingiere un animal (Reyes *et al.*, 2004).

Los frutos en algunas especies son poco carnosos. Cuando el fruto madura, las semillas quedan libres, después de abrirse una tapa (*Ferocactus*) o al desprenderse la base (*Thelocactus*, *Oroya* y *Sclerocactus*). En algunos casos, al hacerse una herida vertical, las semillas caen rápidamente hacia la base (*Matucana*). Las hormigas, atacan los frutos cerrados, diseminándolas (Stewt, 2004).

Según el género las semillas tienen tamaños y cantidades diferentes. Así, en el fruto globoso del genero *Islaya* sólo hay unas pocas semillas y en los frutos carnosos de los géneros *Echinocereus*, *Carnegia* o *Trixanthocereus* se puede encontrar miles de semillas de color negro, naranjas o crema, lisas. Estas semillas pueden medir unas pocas décimas de milímetros (*Parodia microsperma*, *Aztekium ritteri*) o de cinco milímetros para arriba en las *Opuntia* y *Tephrocactus* (debido a su gruesa cutícula, antes de plantarlas hay que escarificarlas para que puedan germinar) (Stewt, 2004).

Las cactáceas abarcan las plantas comúnmente llamadas: nopales, órganos y biznagas, cuyos frutos reciben los nombres genéricos de tunas, pitahayas y chilitos. En la antigüedad, las cactáceas jugaron un papel importante en la alimentación de las diversas tribus indígenas de México, y actualmente, por su forma y alto valor estético, son objeto de intenso cultivo alrededor del mundo (Reyes *et al.*, 2004).

2.1.3 Usos de las cactáceas

Las cactáceas en la alimentación humana son ampliamente utilizadas, la mayoría de las cactáceas a excepción del género *Pereskia*, son aprovechadas como alimento diario principalmente por sus frutos. Por ejemplo los frutos de la *Opuntia ficus indica*, como fuente de alimento o medicinal para evitar el escorbuto, afecciones hepáticas, renales, analgésico, antidiabético, diurético o como laxante. En América Central la especie de *Opuntia* utilizada es la *Opuntia megacantha* var. *itomatilli* que se usa en lugar de los tomates y la *Opuntia robusta* var. *robusta* cuya corteza se comen fritas, sustituyendo a las papas. Otros géneros de cactáceas que son utilizadas como alimento son: *Acanthocereus*, *Cephalocereus*, *Hylocereus* (Martínez, 2007).

Muchas cactáceas son cultivadas o aprovechadas en estado silvestre por sus hojas o tallos para la alimentación de ganado, como los géneros *Cephalocereus*, *Ferocactus*, *Mammillaria*, por encontrarse en zonas áridas donde la presencia de plantas tiernas es prácticamente nula (Martínez, 2007).

En lugares áridos y ventosos las cactáceas se utilizan para fijar el suelo y prevenir la erosión producida por la acción del viento. Este uso se hace muy adecuado en los cultivos que se llevan a cabo en forma de terrazas (Martínez, 2007).

El uso de las cactáceas de forma ornamental por sus atractivas flores, sus extravagantes formas o sus erizadas espinas, se encuentran las siguientes: *Ephiphylum eichlamii* (Weing) L. O. Williams, *Ephiphylum quetzaltecum* (Standl y Steyerl) L. O. Williams, *Myrtillocactus eichlamii* Britton & Rose, *Nyctocereus guatemalensis* Britton y Rose, *Opuntia deamii* Rose, *Opuntia eichlamii* Rose, *Opuntia guatemalensis* Britton y Rose y *Opuntia tomentella* Berger, *Mammillaria woburnensis* Britt y Rose var *eichlamii*, *Melocactus curviespinis* Pfeiffer var *curviespinis* (AGEXPRONT, 2001).

2.1.4 Importancia económica de las cactáceas en Guatemala

De acuerdo a Meyran, García y Martínez (2000), Las cactáceas crecen generalmente en zonas áridas, lo cual es una ventaja comparativa puesto que no se les encuentra en Asia, África ni Europa, salvo algunas especies que han sido llevadas a esos lugares y se han aclimatado.

Estados Unidos, España, Alemania, Japón y otros países, cultivan cactus para la venta, por ser consideradas como plantas raras y extrañas, lo que hace que sean muy apreciadas. Cada planta pequeña tiene un valor entre cinco y 10 dólares, o incluso más, dependiendo de la especie. Asimismo, existen clubes de cactófilos en todo el mundo, especialmente en Rusia y en Europa (Meyran, García y Martínez, 2000).

Corea es el mayor productor en el ámbito mundial y exporta a los países nórdicos por ser las cactáceas un producto nuevo y exótico. En las últimas décadas la demanda se ha incrementado tanto para las variedades selváticas como las de desierto, aunque las variedades de desierto son más populares. Los tamaños en demanda son de 1.5 a 80 cm, con preferencia del mercado de 1.5 a 15 cm, el cual se encuentra bien cubierto; sin embargo, la demanda por las cactáceas más grandes (de 20 a 80 centímetros) es mucho mayor que la producción anual (Meyran *et al.*, 2000).

Aparte de la importancia como plantas ornamentales, las cactáceas tienen importancia comercial, industrial, medicinal y también farmacológica, por la enorme cantidad de sustancias y alcaloides que contienen, por ejemplo en el peyote (*Lophophora williamsii*) se han encontrado 58 alcaloides. Se menciona también al órgano (*Stenocereus marginatus*) utilizado por compañías que elaboran shampoo y tintes para el cabello, grambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) de fruto comestible, nopal de castilla (*Opuntia ficus-indica*) nopal para verdura (Meyran *et al.*, 2000).

2.1.5 Las cactáceas en Guatemala

Guatemala es uno de los países mesoamericanos con alta diversidad florística. Presenta un gradiente altitudinal que oscila de 0 a 4,220 msnm, un área de 108,889 km² y precipitaciones pluviales que van de 500 a 4,000 mm/año. Es una de las tres entidades en la región mesoamericana con mayor riqueza de cactáceas; las otras dos son el Estado de Chiapas en México y Costa Rica (Arias y Véliz, 2006).

Los primeros estudios florísticos que incluyeron Cactaceae, según Arias y Véliz (2006), se iniciaron en el siglo XX. Federico Eichlam exploró y describió varias especies de cactáceas durante la primera década del siglo XX. Sin embargo, este trabajo es poco conocido y los escasos ejemplares de herbario que aún persisten se encuentran en New York Botanical Garden (NY), Roberto Kiesling herbarium y United States National Herbarium (US).

Otros botánicos que colectaron y estudiaron cactáceas en Guatemala fueron: Charles C. Deam y María Laura Las Peñas (colecciones parciales depositadas en los herbarios HH, NY, US); William A. Kellerman (colecciones en los herbarios F, OS, US) y William R. Maxon y José Luis Fernández Alonso (colección en US), quienes proporcionaron muestras a Britton y Rose (1919-1924) para realizar la monografía de la familia. Después, Julián A. Steyermark y Christian Loaiza Salazar (colecciones en los herbarios F, GH, MO, US); y Paul C. Standley (colecciones en los herbarios F, US) realizaron intensas colectas de cactáceas para la revisión de la familia (Standley y Steyermark, 1962), en la flora de Guatemala.

Standley y Steyermark (1962), reconocieron 50 especies de cactáceas para Guatemala, aunque ellos incluyen algunos taxones introducidos y cultivados como plantas de ornato, como *Aporocactus flagelliformis* (L.) Lem. y *Schlumbergera truncata* (Haw.) Moran. Cabe destacar el estudio florístico de Paniagua (1980), ya que es el primero enfocado exclusivamente a cactáceas, reconociendo 12 especies para el Departamento

de El Progreso. Linares (2006) describió *Mammillaria eriacantha* subsp. *velizii* J. Linares de la región oriente de Guatemala.

De acuerdo a Véliz (2010), durante los años 2007-2008 se ejecutó un proyecto nacional para documentar y conocer la familia Cactaceae en Guatemala patrocinado por el Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza (FONACON F02-2007), ejecutado por parte del equipo de investigación del Herbario BIGU de la Escuela de Biología, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este estudio permitió documentar 52 especies nativas, entre ellas dos nuevos registros para Guatemala y Mesoamérica: *Myrtillocactus schenckii* (Purpus) B. y R. y *Selenicereus chontalensis* (Alexander) Kimnach, dos especies reportadas solamente para México.

Este estudio también permitió documentar la fenología y distribución de especies nativas con algún nivel de endemismo como *Lemaireocereus lepidanthus* (Eichlam) S. Arias y Terrazas, de la cual ahora se sabe que la floración es nocturna, el fruto presenta pulpa rojiza y que también está presente en Honduras. Especies como *Hylocereus escuintlensis* Kimnach, *H. guatemalensis* (Eichlam) B y R, *H. minutiflorus* B. y R. y *Myrtillocactus eichlamii* B. y R. se encuentran mejor documentadas. Se estableció la existencia de 18 géneros y 52 especies nativas, además de la presencia de 8 géneros y 30 especies exóticas (Cuadro 1). También se determinó la distribución de la familia Cactaceae en los diversos tipos de vegetación (Véliz, 2010).

2.1.6 Las cactáceas en Zacapa

Según Véliz (2010), la selva baja caducifolia con xerófitas, es la región más seca de Guatemala, ubicada en el Valle del Motagua. Este tipo de vegetación se caracteriza por presentar un dosel que en la mayoría de los casos no supera 6 m de altura. Es una región cálida con precipitaciones menores de 600 mm/año, altitudes de 100 a 500 msnm. El escenario florístico es muy interesante, dominado por 15 especies de cactáceas siendo éstas: *Acanthocereus tetragonus* (L.) Hummelinck, *Hylocereus guatemalensis*, *Mammillaria karwinskiana* ssp. *collinsii* Martius, *Myrtillocactus eichlamii*,

Nopalea guatemalensis, *Nopalea lutea* Rose, *Opuntia deamii* Rose, *O. decumbens* Salm-Dyck, *O. pubescens*, *Pereskia lychnidiflora* A. P. de Candolle, *Melocactus curvispinus* Pfeiffer, *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R., *Peniocereus hirschtianus* (K. Schumann) D.R. Hunt, *Stenocereus pruinosus* y *S. eichlamii*.

Cuadro 1. Géneros de cactus, número de especies nativas, exóticas y endémicas de las selvas húmedas y cálidas de la familia Cactáceae en Guatemala.

Genero	No. especies	Nativas	Exóticas	Endémicas
<i>Acanthocereus</i>	2	2		
<i>Aporocactus</i>	1		1	
<i>Austrolocylindropuntia</i>	1		1	
<i>Brasiliopuntia</i>	1		1	
<i>Cereus</i>	2		2	
<i>Cleistocactus</i>	1		1	
<i>Disocactus</i>	9	7	2	3
<i>Echinocactus</i>	1		1	
<i>Epiphyllum</i>	6	6		1
<i>Hatiora</i>	2		2	
<i>Hylocereus</i>	4	4		3
<i>Lemaireocereus</i>	1	1		1
<i>Lepismium</i>	1		1	
<i>Mammillaria</i>	13	5	8	2
<i>Myrtillocactus</i>	2	2		2
<i>Nopalea</i>	4	4		2
<i>Opuntia</i>	13	7	6	2
<i>Peniocereus</i>	1	1		
<i>Pereskia</i>	2	1	1	
<i>Pereskiopsis</i>	1	1		
<i>Pilosocereus</i>	1	1		
<i>Pseudorhipsalis</i>	1	1		
<i>Rhipsalis</i>	2	1	1	
<i>Schlumbergera</i>	1		1	
<i>Selenicereus</i>	6	5	1	2
<i>Stenocereus</i>	2	2		1
<i>Weberocereus</i>	1	1		1
TOTAL	82	52	30	21

(Veliz, 2010).

2.1.7 Amenazas de las cactáceas en Zacapa

El área donde se encuentran los cactus sufre de varias amenazas, entre las cuales están la agricultura y el pastoreo. El ecosistema es destruido por la necesidad de tierras que fuerza a los campesinos a deforestar para monocultivos estacionales de autoconsumo, especialmente frijol y maíz, la construcción de carreteras y el avance

urbano. De tal manera que la diversidad biológica desaparece, perdiéndose flora y fauna probablemente no descrita o endémicas del lugar, que se acaban al desaparecer su hábitat natural (Castañeda y Vargas, 1996).

El cultivo del melón, ha incrementado en el valle del Motagua en los últimos años, de tal manera que algunos hábitats han sido afectados por el aumento del crecimiento de la producción del melón. Hábitats han desaparecido y con ellos especies endémicas (*Myrtillocactus eichlamii* Britt y Rose) y se han visto reducidas las poblaciones de cactáceas existentes, siendo una consecuencia grave de esto la pérdida de la diversidad genética de la población, así como la posible utilidad de algunas especies (Castañeda y Vargas, 1996).

La deforestación y la sobre-colecta de especies de cactus para su uso comercial, más que todo como ornamentales, contribuye no sólo a la pérdida de este recurso natural, sino también a la desertificación del suelo alterando las comunidades y su regeneración (Castañeda y Vargas, 1996).

Al llevarse a las plantas maduras, éstas ya no dejan descendientes en la zona, no hay reproducción vegetativa ni reproducción sexual que permita la propagación de las especies, de tal manera que los individuos van siendo cada vez más escasos, y restringidos a áreas más pequeñas dentro de la zona (Castañeda y Vargas, 1996).

De acuerdo a AGEXPORT (2001), la creciente demanda de los países extranjeros por los cactus, ha propiciado el establecimiento de actividades dedicadas a la colecta y al comercio ilegal de éstos. Por lo que todas las cactáceas guatemaltecas se incluyen en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y están en la categoría dos de la Lista Roja para Flora silvestre de Guatemala publicada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), (2002), categoría que incluye especies de distribución restringida a un sólo tipo de hábitat (endémicas) y especies en bajas densidades poblacionales.

El aprovechamiento de las cactáceas es variado y en Guatemala falta poner en práctica muchas de sus utilidades. Razón por la cual es necesario su estudio sin olvidar su importancia ecológica, como especies endémicas de la región, que mantienen relación con otras especies de flora y fauna de las zonas semiáridas del país. Realizar investigaciones de las especies nativas de Guatemala, así como estudios ecológicos de las poblaciones y su distribución. Estudios en torno al impacto ecológico que provocan las extracciones ilegales de material biológico de las poblaciones silvestres. Para su conservación es vital mantener el hábitat donde crecen y se desarrollan, todos sus procesos biológicos e interrelaciones a los cuales están adaptados (Hubstenberger, 1992).

Sin embargo, para algunas especies que se encuentran distribuidas únicamente en pequeñas localidades un desastre natural podría eliminar toda la población existente, por tanto sólo la preservación del hábitat sería insuficiente para asegurar la sobrevivencia de la especie (Hubstenberger, 1992).

Dentro de las estrategias para la conservación de cactus *in situ* está establecer áreas protegidas, en lugares aún no muy perturbados por el humano, donde se conserven las cactáceas con flora y fauna asociada. Revalorizar este ecosistema que muchos creen no útil, enfatizando el endemismo de las especies, así como su importancia económica. Como indica Castañeda y Vargas (1996), para conservar esta zona semiárida, sería necesario fomentar el uso de especies nativas para mejorar los sistemas naturales controlados o sistemas agrícolas y proponer métodos para almacenamiento de agua; lo que también ayudaría a mantener la biodiversidad de área.

Existen varias alternativas para la conservación de cactus fuera de su hábitat, *ex situ*, como jardines botánicos, que mantengan colecciones de plantas vivas para estudios y conservación. Otra estrategia es la propagación y cultivo de los cactus usando diferentes métodos, con lo cual se reduciría las presiones de las poblaciones silvestres, con fines ornamentales, alimenticios, etc. (CONABIO, 1997). El cultivo *in vitro* en

cactáceas ha surgido como una herramienta para su propagación efectiva, vislumbrándose aplicaciones de impacto para el rescate de la extinción así como un uso racional de esta riqueza. El conservacionismo, el valor potencial y el valor comercial deben ser factores que muevan a la realización de una operación de rescate *in vitro* (Rubluo, 1990).

2.2 Restauración ecológica

La sucesión ecológica es el proceso de desarrollo del ecosistema en la búsqueda de una mayor productividad, biomasa, complejidad, estabilidad y control del ambiente por los seres vivos. La sucesión se caracteriza por el reemplazamiento de unas especies por otras en un lugar a través del tiempo. La sucesión, entonces, puede definirse como una serie de cambios del ecosistema en un área dada, que conducen progresivamente hacia una estructura y composición más complejas de la comunidad (Holdridge, 1978). La restauración ecológica es el restablecimiento artificial, total o parcial de la estructura y función de ecosistemas deteriorados por causas naturales o antrópicas. Opera por medio de la inducción de transformaciones ambientales, lo que implica el manejo de factores físicos, bióticos y sociales. La revegetalización consiste en lograr establecer una cubierta densa y permanente de plantas, que tengan un sistema radicular capaz de profundizar el perfil del suelo. (Salamanca, 2000).

La sucesión puede ser primaria, cuando ocurre sobre un sustrato desnudo, como en el caso de rocas, islas recién formadas. En estos casos la sucesión es el paso de un ambiente físico en su totalidad, afectado por las condiciones circundantes, hasta uno con características netamente bióticas. La sucesión secundaria es la que se da en ecosistemas perturbados, comenzando por los remanentes de vegetación que la perturbación ha dejado. Ocurre en diversas situaciones, tales como incendios forestales, talas o caídas de árboles en el bosque, entre otras (Matteucci y Colma, 1982).

En tales casos la sucesión parte del potencial biótico superviviente como semillas, plántulas y algunos adultos. Después del tiempo y pasando por diferentes estados sucesionales, el ecosistema retorna a un estado que si bien no es el inicial, se parece mucho en su composición a su estado inicial (Matteucci y Colma, 1982).

Salamanca (2000), identifica la restauración pasiva como la regeneración de un ecosistema por sí mismo cuando se suprimen los factores generadores de la degradación, un ejemplo de este caso es la regeneración natural de ecosistemas que son abandonados luego de recurrentes alteraciones.

La alteración es cualquier pérdida tanto funcional o estructural del ecosistema a consecuencia de una perturbación. Los ecosistemas maduros pueden ser alterados en diversos grados, cambiando el uso del suelo y ocasionando la transmutación de bosques tropicales en terrenos agrícolas o de estos en tierras marginales, lo que impulsa la alteración de nuevos ecosistemas vírgenes para satisfacer las demandas de poblaciones crecientes (Lamprecht, 1990).

La restauración de ecosistemas deteriorados abarca todo el proceso inverso a la alteración, siendo una actividad humana en apoyo al restablecimiento de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema. Lo esencial de la rehabilitación es el restablecimiento de los procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta en un tiempo adecuado (Salamanca, 2000).

La sucesión, en teoría, puede llegar hasta una etapa en que la energía-agua nutrientes disponibles y la capacidad de adecuación de las poblaciones ya no puede producir más cambios en el ambiente y las poblaciones adaptadas al medio finalmente producido se auto reemplazan, manteniéndose indefinidamente, lo cual se conoce como clímax de la sucesión (Salamanca, 2000).

En síntesis, la restauración ecológica se aborda como un proceso de reconstrucción estructural y funcional del ecosistema, siguiendo los patrones espacio temporales propios de la sucesión natural, pero inducidos y acelerados gracias a que el manejo por

el hombre permite elevar las probabilidades y precipitar la ocurrencia de cada evento dentro de la secuencia, acortando la duración total del proceso (Lamprecht, 1990).

2.3 Análisis de la vegetación

El inventario de la vegetación debe incluir los aspectos cuantitativos y cualitativos que ayuden a su caracterización (MOPT, 1992). Las principales características estructurales cuantitativas son: abundancia, frecuencia, dominancia, cobertura, índice de valor de importancia, cociente de mezcla, expansión vertical, posición sociológica y estructura diamétrica (Matteucci y Colma, 1982).

Las principales características cualitativas son: estratificación, periodicidad, sociabilidad y vitalidad, adicionalmente encontramos características sintéticas como presencia, fidelidad y constancia. Los métodos para estudios estructurales nacieron y se aplicaron en los bosques de las zonas templadas, y no son utilizables en los trópicos sino de forma parcial. No obstante, y teniendo en cuenta las complejas expresiones que asume la vegetación en los trópicos, lo que dificulta la identificación de las especies que constituyen las diferentes comunidades, se han ideado ya, varias técnicas y métodos para su análisis (Matteucci y Colma, 1982).

2.3.1 Estructura vertical

Es la forma como los elementos que constituyen el bosque se ubican en líneas o pisos cuyas alturas fluctúan muy poco respecto a un valor promedio, esto es lo que se conoce como estrato. La estructura vertical se puede estudiar bajo tres concepciones, que van de acuerdo con la finalidad de estudio y agrupan los diferentes métodos de estratificación a un nivel mundial (Lamprecht, 1990).

2.3.2 Concepción Dinámica

La naturaleza del dosel es de tipo dinámico, puesto que está creciendo en parches todo el tiempo, tal que estos parches de distintos tamaños están en las diversas fases del ciclo de crecimiento de bosque. Los diferentes estados de recuperación del bosque constituyen diferentes estratos y se habla entonces de las etapas de un claro con las fases de degradación reconstrucción y el estado de equilibrio, lo cual muestra cómo cambia sucesivamente el bosque en el tiempo, la concepción dinámica se basa en la silvigénesis (UNESCO PNUMA, FAO, 1980).

2.3.3 Concepción Funcional

La estructura tridimensional del bosque determina la cantidad de espacio ocupado por los troncos, ramas, hojas de los árboles a diferentes niveles y en consecuencia, el microclima interno y la energía disponible para otros organismos, por lo cual controla en gran medida la distribución de plantas inferiores como epífitas y de los animales, determinando la disponibilidad de sus fuentes alimenticias y sus posibilidades de locomoción y comunicación (Melo, Martínez y Huertas, 1997).

De acuerdo a Melo *et al.* (1997), introducen el concepto de superficie morfológica de inversión, el que divide el perfil del bosque en dos grandes estratos, uno superior denominado zona eufótica, en el que se realizan todos los procesos fenológicos y fotosintéticos y otro inferior denominado zona oligofótica donde los procesos más frecuentes son la descomposición y el ciclaje de nutrientes.

2.3.4 Concepción Estructural

La concepción estructural es la más utilizada en estudios silviculturales (UNESCO PNUMA, FAO, 1980); los árboles generan perfiles donde pueden ocupar uno o varios estratos. Este tipo de concepción contempla:

- **Estratificación de especies:** Es la agregación de especies con alturas maduras, independientemente de la frecuencia de ocurrencia.

- **Estratificación de Individuos:** que es la agregación de todas las alturas de los árboles maduros e inmaduros, teniendo como punto de referencia un diámetro mínimo de medición.
- **Estratificación de masa foliar:** Que es la agregación de estratos de muchos individuos enfocados sobre un solo componente de la vegetación.

2.4 Índices a partir de características fisionómicas

2.4.1 Estructura horizontal

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Según Lamprecht (1990), esta estructura puede evaluarse a través de varios índices que reflejan la importancia ecológica dentro del sistema, entre estas se hallan las frecuencias, las dominancias y las abundancias, las que conducen al índice de Valor de Importancia (I.V.I.), mediante su suma relativa. Una forma de representar gráficamente la proporción en que aparecen las especies son los histogramas de frecuencia, determinando la homogeneidad o heterogeneidad del bosque.

2.4.2 Índices de importancia

Lamprecht (1962), indica que los análisis de la abundancia, frecuencia y dominancia permiten estructurar una idea sobre un determinado aspecto de la estructura del bosque. A pesar del gran valor científico práctico de tales enfoques específicos, ellos no suministran sino informaciones parciales y hasta cierto punto aislados. Por esta razón, se ha sugerido la combinación de estos valores para obtener lo que se ha denominado Índice de Valor de Importancia (Matteucci y Colma, 1982).

Definido en 1949, ha sido utilizado para investigaciones de tradición con el fin de revelar la importancia ecológica relativa de cada especie en cada muestra. Este índice muestra un significado ecológico mayor que cada uno de sus componentes (Cantillo, 2001)

2.4.2.1 Abundancia

Está determinada como el número de árboles por especie. De esta se distinguen la abundancia relativa (proporción porcentual) y la abundancia absoluta (número de individuos por especie) (Lamprecht, 1990).

2.4.2.2 Frecuencia

La frecuencia de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral particular (Matteucci y Colma, 1982). Es la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje. La frecuencia relativa de una especie se calcula como el porcentaje de la suma de las frecuencias de todas las especies (Lamprecht, 1990).

Esta variable ayuda a obtener una idea más clara de la distribución de las especies luego de haber sufrido la perturbación inicial. Su análisis proporciona una idea clara de la forma de distribución de los organismos de acuerdo con su mecánica de subsistencia ya que la respuesta autoecológica a las variaciones del medio no permanece constante (Matteucci y Colma, 1982).

2.4.2.3 Dominancia

Suele llamarse también grado de cobertura de las especies, que es la expresión del espacio ocupado por ellas. Lamprecht (1990), la define como la proyección de las copas de los árboles sobre el suelo, sin embargo, debido a la complejidad de la estructura vertical, Matteucci y Colma (1982) proponen que se utilice el área basal de los árboles en sustitución de la proyección de las copas.

2.4.2.4 Índice de valor de importancia (IVI)

Lamprecht (1990), formula la combinación de los tres anteriores criterios para llegar a obtener la suma de la abundancia relativa, la dominancia relativa y la frecuencia relativa.

2.4.2.5 Cociente de mezcla

De acuerdo con Becerra (1971), este cociente sirve para medir la intensidad de mezcla de las especies. Para calcularlo se divide el número de especies encontradas por el total de árboles levantados.

2.4.2.6 Histogramas de Frecuencia

Lamprecht (1990), indica que de acuerdo a las frecuencias absolutas, se acostumbra a reunir las especies en las cinco clases siguientes:

CLASE	FRECUENCIA ABSOLUTA
A = I	1 – 20%
B = II	21 – 40%
C = III	41 – 60%
D = IV	61 – 80%
E = V	80 – 100%

Las frecuencias dan una idea sobre la homogeneidad del bosque.

2.4.2.7 Índice de predominio fisionómico

El índice de predominio fisionómico, utilizado para estudios de vegetación en Colombia, corresponde a la sumatoria de la abundancia relativa, área basal relativa y cobertura relativa. La cobertura relativa es poco usada en zonas tropicales por la entremezcla de copas de los diferentes estratos; se refiere al porcentaje de cobertura por especie con relación a la cobertura total del estrato (Cantillo, 2001).

2.4.3 Análisis de la vegetación

La vegetación puede relacionarse a un universo multivariado al ser definida como el conjunto de especies vegetales interactuantes existentes en una zona como resultado de la acción de factores ambientales (Cantillo, 2001).

2.4.4 Diversidad

Según Melo *et al.* (1997), la diversidad biológica se refiere a la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los cuales estos participan. La diversidad puede definirse como el número de diferentes organismos y su frecuencia relativa. Para la diversidad biológica estos organismos están asociados en muchos niveles, desde estructuras químicas que son la base molecular de la herencia hasta ecosistemas completos.

2.4.5 Riqueza

Se llama riqueza florística al número total de especies de cualquier tamaño que viven en un área dada (UNESCO, PNUMA, FAO, 1980). El concepto de diversidad, es utilizado para definir de forma cuantitativa el aspecto de los ecosistemas. Son esencialmente medidas del número de especies en una muestra definida y normalmente se presentan como una medida de densidad; es decir, número de especies por unidad de área específica o de colección. (Melo et al, 1997).

2.4.6 Análisis Multivariado

Las técnicas multivariadas permiten el análisis de una unidad experimental tal como un individuo, una parcela de experimentación, un árbol, etc., en forma simultánea o con intervalos de tiempo, a partir de la medición de una serie de características entre las que se cuentan sus atributos, estimaciones, tratamientos o propiedades (Cantillo, Rodríguez y Avella, 2004).

Lo anterior representa un espacio en más de tres dimensiones o un multiespacio con un número de dimensiones igual al número de características medidas; esto es, un universo multivariado donde no hay independencia entre las características de una unidad experimental, ni asignación aleatoria de las mismas, como lo hay en un análisis experimental típico (Cantillo *et al.*, 2004).

El análisis multivariado, desde una visión global, es un conjunto de técnicas que permite estudiar las relaciones existentes entre varias variables interdependientes. Entre sus objetivos básicos se encuentran: reducir un gran conjunto de datos a un número menor sin pérdida de información; entender la estructura subyacente a una realidad estudiada y evaluar los principales rasgos de los datos. Existen diversos métodos de análisis multivariados sin embargo todos pretenden simplificar, clasificar y explicar la complejidad de un conjunto de datos (Cantillo *et al.*, 2004).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema y justificación

Las principales causas de amenaza a la biodiversidad de las especies vegetales son la deforestación y la fragmentación del hábitat, debido a que la reducción o deterioro de la cubierta vegetal afectan la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y el daño que provocan repercute negativamente la calidad y salud del ambiente (USDA, 2000).

Aunque la aldea San Jorge, Zacapa no cuenta con estudios que documenten la fenología y distribución de especies nativas y endémicas de cactáceas ni el número de especies amenazadas, sí enfrenta una tasa de deforestación de los ecosistemas naturales, razón por la cual, las condiciones que presentan sus ecosistemas nativos enfrentan un gran riesgo de deterioro. Es un hecho que las actividades humanas han sido un factor determinante por el cual las especies endémicas se han convertido en grupos altamente vulnerables (Hernández y Sánchez, 2002).

La conservación *in situ* de las cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, demuestran que esta zona es un área importante a conservar no sólo por ser lugares de diversidad de cactáceas, si no por los futuros estudios de investigación que pueden hacerse a fin de entender más su dinámica para una mejor gestión de los ecosistemas semiáridos y áridos de Guatemala.

Por ello es necesario realizar estudios de ecología vegetal de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, que fomenten la capacidad de predicción, que explique y brinde la información suficiente para conformar una estrategia de manejo para ecosistemas naturales de éstas en la región. Por lo tanto, para alcanzar una administración sostenida de los recursos naturales, se debe partir de una caracterización ecológica que permita conocer los factores ambientales donde se presenta o distribuye una especie vegetal, en el entendido de que es necesario conocer los procesos de transformación de los hábitats, sus causas, características y tendencias. Además, para proponer y ejecutar

planes adecuados de aprovechamiento sostenible para la recuperación y conservación de especies, hábitat, paisaje y biota, se necesita contar con información biológica, ambiental y social de calidad.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Caracterizar la composición florística de las comunidades vegetales de cactáceas en la aldea San Jorge, del municipio de Zacapa.

4.2 Objetivos específicos

- 1) Identificar las comunidades vegetales presentes en el bosque de cactáceas.
- 2) Describir la estructura de las comunidades vegetales de las especies en el bosque de cactáceas.
- 3) Determinar las especies que ejercen predominio ecológico en cada comunidad identificada en el bosque de cactáceas.
- 4) Determinar el uso de las especies presentes en el bosque de cactáceas.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la aldea San Jorge, del municipio de Zacapa, del departamento de Zacapa, a una altura de 240 m.s.n.m. El área de estudio se localiza en la coordenada geográfica 14° 57'05" Latitud Norte y 89° 31'17" Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Dista a una distancia de 150 km de la Ciudad Capital de Guatemala (Figura 1).

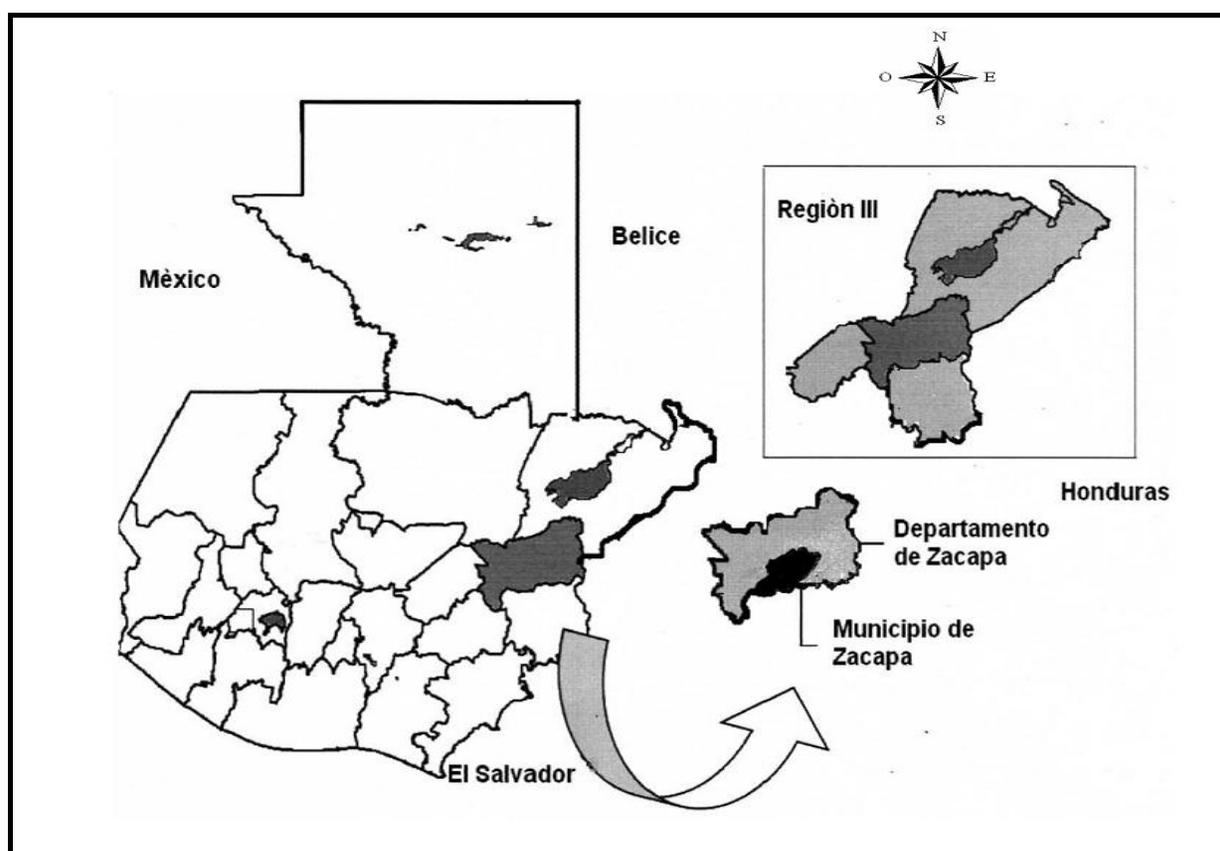


Figura 1. Ubicación del área de estudio de la aldea San Jorge, Zacapa. (Municipalidad de Zacapa, 2012).

Según de La Cruz (1975), el área se encuentra localizada en la zona de vida Monte Espinoso Subtropical, donde se definen dos estaciones del año (invierno y verano), con una temperatura media anual de 24 a 26°C y una precipitación anual de 500 mm distribuidos de mayo a octubre. La vegetación natural está constituida por arbustos y

plantas espinosas entre las que se tiene las siguientes especies indicadoras *Cactus* spp; *Guaiacum* spp; *Pereskia* spp; *Acacia farnesiana*; y, *Cardia alba*.

Según Simmons *et al.* (1959), el área de estudio pertenece a la serie de suelos de Los Valles No Diferenciados, son pocos profundos, de relieve plano a ligeramente inclinados. La textura del suelo es franco arcilloso.

5.2 Fase de preparación del estudio

La preparación de la investigación se llevó a cabo mediante la recopilación de información primaria (entrevistas a habitantes del área de estudio) y secundarias (libros, informes, revistas, etc.) que facilitó los lineamientos principales para poder llevar a cabo las actividades concernientes a la investigación.

Se recolectó información en base a entrevistas a los pobladores del área de estudio para identificar la zona semiárida de la aldea San Jorge, Zacapa en la hoja cartográfica de Zacapa, con la finalidad de reforzar base teórica para la investigación y conocimiento del área.

La delimitación del área de estudio se realizó mediante caminamientos y observaciones previas del área de trabajo, los puntos a muestrear, basándose en la altitud en donde se encuentran poblaciones de cactáceas, apoyándose de GPS y hoja cartográfica del área del Monte Espinoso Subtropical de la aldea San Jorge, Zacapa, a escala 1:50,000, elaborado por Instituto Geográfico Nacional (1981).

5.3 Muestreo de la vegetación

El método de muestreo utilizado fue preferencial estratificado, ya que se partió de la división del área en segmentos de acuerdo a la cobertura, altitud, pendiente y la exposición, luego se establecieron parcelas de 1,600 m², ubicados preferencialmente a lo largo de un transecto en áreas donde se determinó que existe una comunidad de

cactáceas bien diferenciada, tomando como criterio de diferenciación entre comunidades de las especies dominantes y la estructura general de cada especie.

Tomando como criterio que parte del ecosistema de cactáceas de la aldea San Jorge, Zacapa, ha sido disturbado y que existen áreas donde la vegetación de cactáceas ha sido reemplazada y/o dañada por el efecto de la agricultura tradicional y comercial, especialmente del cultivo de melón, se identificaron los diferentes estratos cactáceos presentes en el área de estudio, mediante el uso de la hoja cartográfica.

El tamaño y la forma de la unidad de muestreo se determinó para cada estrato identificado, haciendo uso de la unidad muestral o área mínima aplicando el método de Relevé. Para lo cual se trazó una parcela inicial de 25 m² (5 m * 5 m) donde se contarán el número de especies; luego se duplicó el área y se contaron el número de especies nuevas que aparecieron en esta parcela. Este procedimiento se continuó hasta que no se presentó especies nuevas (Figura 2).

<p>Area A 5 m de largo * 5 m de ancho = 25 m²</p>			
<p>Area B (doble del área A) 10 m de largo * 10 m de ancho = 100 m²</p>			
<p>Area C (doble del área B) 20 m de largo * 20 m de ancho = 400 m²</p>			
<p>Area D (doble del área C) 40 m de largo * 40 m de ancho = 1,600 m²</p>			

Figura 2. Forma de las unidades para determinar el área mínima de muestreo. (Elaboración propia).

Con los datos que se obtuvieron se elaboró una figura, los valores de área acumulada se colocaron en el eje de las abscisas (eje x) y los valores de las especies acumuladas se colocó en el eje de las ordenadas (eje y).

Una vez elaborada la figura se trazó una línea diagonal, que va desde el origen hasta el último punto ploteado, posteriormente se trazó una línea paralela a la anterior, la que se colocó en el punto de inflexión de la curva, del punto de tangencia de esta paralela. Luego se trazó una perpendicular hasta el eje de las abscisas; el punto marcado por esta línea marcó el área mínima de muestreo (el área más pequeña en la cual una comunidad puede explicarse como tal), luego del punto de inflexión se trazó una línea paralela a la perpendicular que llegó hasta eje de las abscisas, el área encontrada dio el margen de confiabilidad. Este margen de confiabilidad se empleó en caso de que el área encontrada parezca poco representativa (Figura 3).

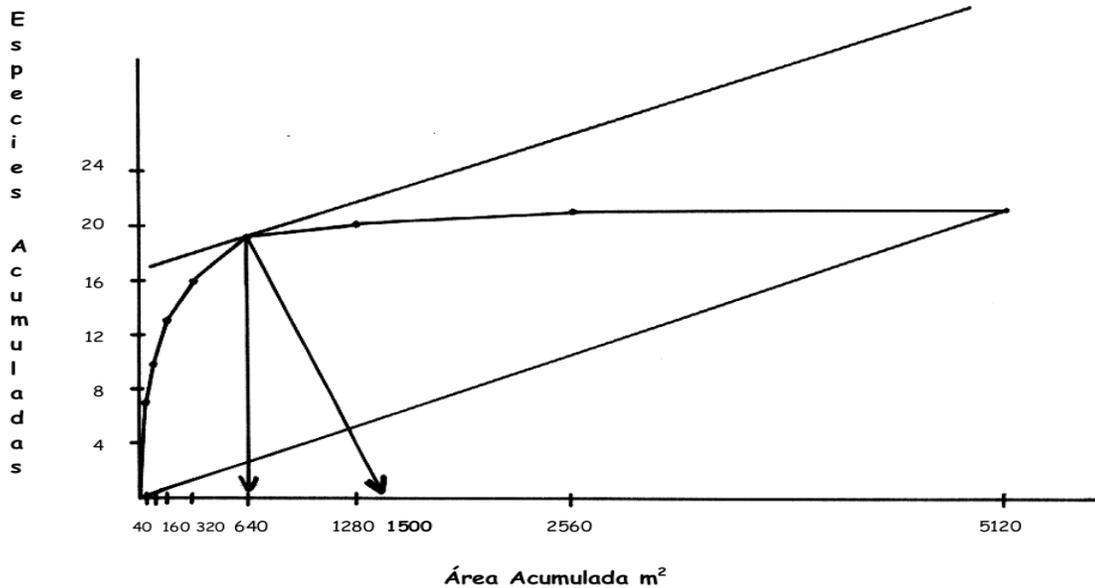


Figura 3. Área mínima de muestreo. (Matteucci y Colma, 1990).

El número de parcelas en cada estrato se determinó mediante el método de medias acumuladas. Se contó el número de especies presentes en la parcela y se calculó la

media para los subconjuntos de número creciente de unidades muestrales, acumulando para cada subconjunto de los datos de los subconjuntos previos (Cuadro 2).

Con los datos obtenidos en el cuadro 2, se elaboró la figura de la media de los subconjuntos en función del número de unidades que se muestrearon en cada una de ellas. Eligiendo como tamaño de la muestra, el número de unidad muestral en que la fluctuación de la media de los subconjuntos se estabilizó.

Cuadro 2. Cálculo de la media acumulada de los subconjuntos de unidades de muestreo para la vegetación de cactáceas, aldea San Jorge, Zacapa.

No. de unidades de muestreo	No. de spp o subconjuntos	No. acumulado de especies	Media de los subconjuntos
1	2	2	2.00
2	4	6	3.00
3	5	11	3.67
4	6	17	
5	9	26	
6	12	36	
n	n		

(Elaboración propia).

Partiendo del criterio de que vegetación de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa está disturbada, se identificaron los segmentos vegetativos, delimitando las áreas de cactáceas, tomado como criterio la cobertura de estas. La ubicación de las parcelas se realizó con GPS y el número de parcelas estuvo en función de las áreas identificadas.

En cada parcela se hizo un muestreo de las especies cactáceas y se tomaron los siguientes datos: altitud (altura sobre el nivel del mar), ubicación de los puntos de los transectos con ayuda de un GPS. Se tomaron en cuenta las especies cactáceas y se realizó un registro de la composición florística y las variables de densidad, frecuencia, área de cobertura y número de individuos.

Durante la toma de datos de las parcelas se recolectó las especies de cada estrato presente para su posterior determinación en el herbario de la facultad de Biología y de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con la ayuda de manuales y catálogos taxonómicos de cactáceas de la región.

5.4 Variables evaluadas

1. Identificación de las especies

Esta variable se evaluó con la ayuda de personas consultadas, catálogos de cactáceas, herbarios, etc.

2. Riqueza florística

Esta variable se evaluó a través de la curva área-especie, la cual describió el incremento de las especies en superficies crecientes; así mismo, se logró obtener información para detectar el área mínima del levantamiento.

3. Importancia ecológica de las especies

Esta variable se determinó mediante el índice de valor de importancia (IVI) (Sabogal, 1983), para lo cual se empleó las formulas siguientes:

$$IVI \text{ esp } a = Dr \text{ a} + Cr \text{ a} + Fr \text{ a}$$

Donde:

$IVI \text{ esp. } a$ = índice de valor de importancia de la especie a

$Dr \text{ a}$ = Densidad relativa de la especie a

Calculada como: $Da/D * 100$

Donde:

Da = Número de individuos de la especie a

D = Número de individuos de todas las especies

Cr a = Cobertura relativa de la especie a

Calculada como: $\frac{Ca}{C} * 100$

Donde:

Ca = Cobertura relativa de la especie a

C = Cobertura total de todas las especies

Fr a = Frecuencia relativa de la especie a

Calculada como: $\frac{Fa}{F} * 100$

Donde:

Fa = Número de parcelas donde ocurre la especie a

F = Suma de frecuencia de todas las especies

4. Usos de las especies

La variable de uso de las especies se evaluó a través de la boleta de entrevistas a pobladores de la aldea San Jorge, Zacapa, realizada en el año 2012 (Anexo 1), de acuerdo a la sección V, partes aprovechadas de las especies y la sección VI, uso de las partes aprovechables. Para asegurar que el entrevistado respondiera adecuadamente se les mostró el material y fotografías de las especies recolectadas.

5.5 **Procesamiento y análisis de la información**

Para la caracterización de la vegetación de cactáceas, se hizo uso de estadística descriptiva y cuadros sinópticos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Identificación de las especies de cactáceas

6.1.1 Delimitación del área de estudio de la aldea San Jorge, Zacapa

Mediante caminamientos, observación directa del área de trabajo, entrevistas con pobladores de la aldea San Jorge, Zacapa y con el apoyo de la hoja cartográfica del municipio de Zacapa, se delimitó el área de estudio. Una vez delimitada el área se procedió a estratificar de acuerdo a la cobertura, la altitud, la pendiente y uso actual del suelo (Cuadro 3 y Figura 4).

La aldea San Jorge, Zacapa, presenta una extensión de 60 km², con una altitud que va de 220 a 800 msnm. En la zona se estratificó en cuatro áreas que se caracteriza de la forma siguiente:

El Area I, con una extensión de 15.5 km² y con una altitud mayor a los 500 msnm y con presencia de asentamiento humanos, producción de granos básicos en ladera y bosque seco;

El Area II, con una extensión de 9.5 km², con una altitud que va de los 400 a 500 msnm y la presencia de asentamiento humanos, producción de granos básicos en ladera, bosque seco;

El Area III, con una extensión de 11 km², con una altitud que va de los 300 a 400 msnm y se caracteriza por el asentamiento humanos (aldea y caseríos) y la producción del cultivo de melón, mango, limón, maíz y frijol, estos dos últimos en la época de invierno, y bosque espinoso ralo; y,

el Área IV, con una extensión de 25 km² y con una altitud que no alcanza los 300 msnm y se caracteriza por la explotación del cultivo de melón, plantaciones de mango y limón, y la presencia de cactáceas que se emplean como cercos vivos para delimitar los terrenos; (Cuadro 3 y Figura 4).

Como se puede observar en el cuadro 3, las diferentes actividades humanas (agricultura, ganadería y aprovechamiento forestal) han modificado los ambientes naturales y ponen en riesgo la sobrevivencia de las especies nativas de cactáceas, sobre todo las endémicas.

Cuadro 3. Delimitación y descripción de la zona de la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.

AREA	EXTENSIÓN	ALTITUD	CARACTERISTICAS
Area I	15.50 km ²	Más de 500 msnm	Zona donde se ubican asentamientos humanos y bosque seco. Se producen granos básicos en el invierno.
Area II	9.50 km ²	Entre 400 a 500 msnm	Zona donde se ubican asentamientos humanos y bosque seco. Se producen granos básicos en el invierno.
Area III	11.00 km ²	Entre 300 a 400 msnm	Zonas donde se ubican asentamientos humanos y las cactáceas se localizan dispersas y patios de casa.
Area IV	25.00 km ²	Menos de 300 msnm	Extensión cultivada principalmente por melón y las cactáceas son utilizadas para cercos vivos para delimitar los terrenos productivos.

(Elaboración propia).

Lo anterior coincide por lo reportado por Padrón (2012), que indica que al menos el 30 % de las especies de cactáceas mexicanas se encuentran en situación de riesgo, siendo las principales causas: el cambio de usos del suelo, que provoca que los ambientes naturales sean completamente transformados, ya sea en áreas agrícolas, ganaderas o utilizados con fines urbanos, generando la pérdida indirecta de muchas poblaciones de especies silvestres, la introducción de especies exóticas y la recolecta directa de ejemplares.

6.1.2 Tamaño y forma de las unidades de muestreo

En cada área de muestreo se ubicaron al azar cuatro unidades de muestreo. El tamaño de las unidades de muestreo de cactáceas se determinó a través del método de Relevé. Inicialmente se trazó una parcela inicial de 25 m² (5 * 5 m) y se contó el número de especies; luego se duplicó el área y se contó el número de especies nuevas que

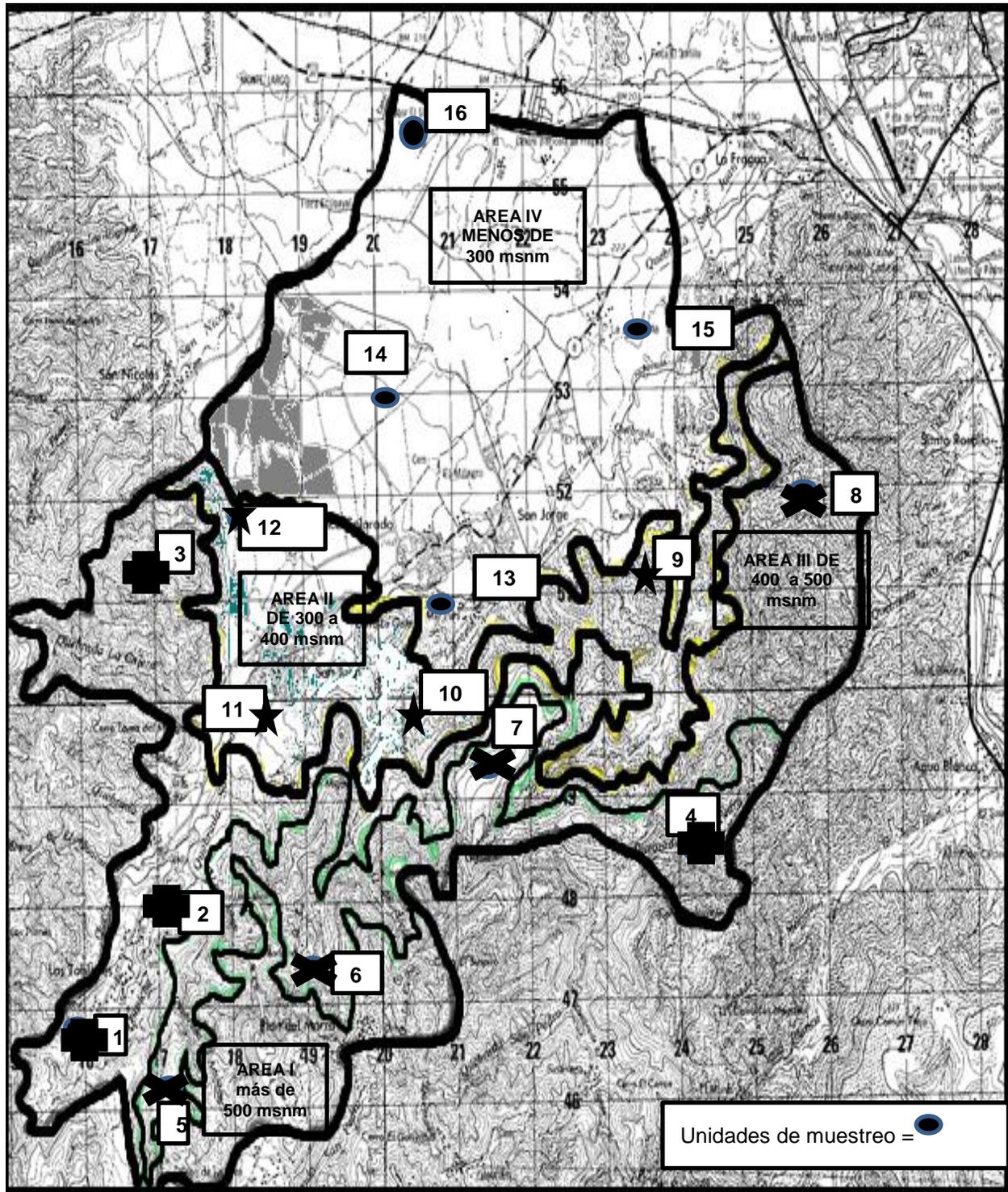


Figura 4. Mapa del área de estudio y localización de las áreas y unidades de muestreo muestradas, en San Jorge, Zacapa, 2012. (Elaboración propia).

aparecieron en esta parcela. Este procedimiento se continuó hasta que no se encontraron especies nuevas, que fue cuando se llegó 1,600 m² (40 * 40 m). Los datos para establecer la parcela mínima se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Estimación del área mínima de muestreo. Notar que se continuó aumentando el área hasta llegar a las 7 especies que se esperaban encontrar en el área.

Especies	Nombre común	Número acumulativo de especies	Unidad muestral	
			Número individuos	Tamaño (m ²)
<i>Opuntia decumbens</i> O.	Salm-Dyck Tuno, lengua de vaca, arpón	2	2	25
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>	Cactus			
<i>Nopalea guatemalensis</i>	Tuna			
<i>Pachycereus lepidanthus</i> (Eichlam) B. y R.	Cactus	5	3	100
<i>Nopalea lutea</i> Rose	Tuna			
<i>Cephalocereus maxonii</i> Rose.	Tuno, cabeza de viejo	6	1	400
<i>Stenocereus pruinosus</i>	Cactus	7	1	1,600

(Elaboración propia).

De acuerdo a Veliz (2010), en el estudio Estado del conocimiento de la familia de Cactaceae en Guatemala, señala que la vegetación en la región del valle del Motagua que incluye la aldea San Jorge, Zacapa, se caracteriza por presentar un dosel que en la mayoría de los casos no supera 6 m de altura. El escenario florístico es muy interesante, dominado por 15 especies de cactáceas, pero en el presente estudio solamente se encontraron siete especies en un rango de altitud de 200 a 900 msnm.

6.1.3 Intensidad de muestreo

El número de parcelas se determinó mediante el método de medias acumuladas. Se contó el número de especies de cactáceas presentes por parcela y se calculó la media para los subconjuntos de número creciente de unidades muestrales, acumulando para cada subconjunto los datos de los subconjuntos previos. El número adecuado de la muestra para el bosque seco de la aldea San Jorge, Zacapa fue de 16 parcelas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cálculo de la media acumulada de los subconjuntos de unidades de muestreo para de especies de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.

AREA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	NUMERO DE ESPECIES ACUMULADAS	NUMERO DE INDIVIDUOS	MEDIAS DE LAS ESPECIES
Area I	I-1	1	1	1.00
	I-2	2	1	1.00
	I-3	4	2	1.33
	I-4	6	2	1.50
Area II	II-5	8	2	1.60
	II-6	11	3	1.83
	II-7	14	3	2.00
	II-8	18	4	2.25
Area III	III-9	23	5	2.56
	III-10	27	4	2.70
	III-11	32	5	2.91
	III-12	37	5	3.08
Area IV	IV-13	43	6	3.31
	IV-14	50	7	3.57
	IV-15	57	7	3.80
	IV-16	64	7	4.00

(Elaboración propia).

Con los datos del cuadro 5 se graficó la media de la variable considerada de los subconjuntos en función del número de unidades muestrales en cada uno de ellos. Eligiendo como tamaño de la muestra, el número de unidad muestral en que la fluctuación de la media de los subconjuntos se estabilizó (Figura 5).

Para la ubicación y trazo de las parcelas se partió del criterio de que el bosque de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, se encuentra disturbado, se identificaron segmentos de cactáceas, delimitando las áreas con cactáceas tomando como criterio la cobertura. En total se levantaron 16 parcelas quedando distribuidas como se muestra en la figura 4 y cuadro 5.

6.2 Riqueza y abundancia florística

Es la región de la aldea San Jorge, Zacapa, con altitudes de 200 a 500 msnm y precipitaciones menores de 500 mm/año, la vegetación de cactáceas se caracteriza por

presentar un dosel que en la mayoría de los casos no supera 6 m de altura. El escenario florístico es muy interesante, dominado por siete especies de cactáceas que se presentan en los cuadros 6 y 7.

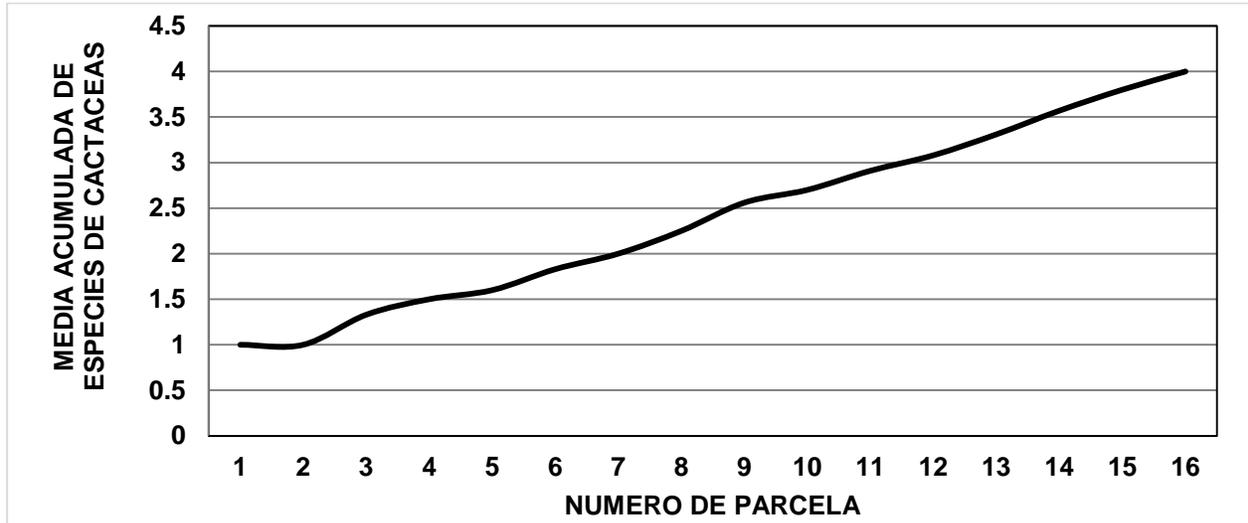


Figura 5. Media acumulada de especies de cactáceas identificadas en el territorio de la aldea San Jorge, Zacapa, 2012. (Elaboración propia).

Las formaciones vegetales de cactáceas, ubicadas a más de 500 msnm (Área I, unidades del 1 a la 4), con precipitaciones menores de 1000 msnm, tienen un dosel por lo general no superan los 15 m de alto y es caducifolio. Esta área presenta una riqueza de tres especies que son: *Nopalea guatemalensis* Rose; *Opuntia decumbens* Salm-Dyck y *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum. Las áreas de este tipo de vegetación en general presentan un paisaje muy fragmentado y son empleadas para potreros y cultivos. Esta área tiene una abundancia de 46 individuos, es la zona con menos presencia de cactáceas debido a la fragmentación, perturbación y destrucción del hábitat natural para ubicación de asentamientos humanos.

Las formaciones vegetales de cactáceas ubicadas entre 400 a 500 msnm (Área II, unidades del 5 a la 8), con una riqueza de cuatro especies que son: *Nopalea guatemalensis*; *Stenocereus pruinosus*; *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O. y *Cephalocereus maxonii* Rose. Esta área tiene una abundancia de 112 individuos, con menor altitud, esta zona ya presenta mayor riqueza y abundancia de cactáceas.

Cuadro 6. Listado de especies de cactáceas del monte espinoso que se encuentran en la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.

NOMBRE CIENTIFICO	SINONIMOS
<i>Cephalocereus maxonii</i> Rose.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pilocereus leucocephalus</i> • <i>Cephalocereus leucocephalus</i> • <i>Cereus cometes</i> • <i>Cephalocereus cometes</i> • <i>Pilosocereus cometes</i> • <i>Cephalocereus palmeri</i> • <i>Pilosocereus palmeri</i> • <i>Cephalocereus sartorianus</i> • <i>Pilosocereus sartorianus</i>
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sin sinónimos
<i>Nopalea guatemalensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nopalea escuintlensis</i> • <i>Nopalea lutea</i>
<i>Nopalea lutea</i> Rose	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Opuntia auberi</i>
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck O.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Opuntia decumbens</i> var. <i>scheinvariana</i> E. Paniagua • <i>Opuntia heliae</i> Matuda • <i>Opuntia maxonii</i> J.G. Ortega • <i>Opuntia puberula</i> Pfeiff
<i>Pachycereus lepidanthus</i> (Eichlam) B. y R.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escontria lepidantha</i> (Eichlam) Buxbaum • <i>Anisocereus lepidanthus</i>
<i>Stenocereus pruinosus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lemaireocereus laevigatus</i> (Salm-Dyck) Borg; • <i>Lemaireocereus pruinosus</i> (Otto ex Pfeiff) Britton & Rose, • <i>Echinocactus pruinosus</i> Otto ex Pfeiff; • <i>Stenocereus laevigatus</i> (Salm-Dyck) Buxb.; • <i>Cereus eichlamii</i> (Britton & Rose) Standl.; • <i>Ritterocereus eichlamii</i> (Britton & Rose) Backeb.; • <i>Lemaireocereus schumannii</i> (Mathsson) Britton & Rose; • <i>Stenocereus longispinus</i> (Britton & Rose) Buxb.; • <i>Lemaireocereus longispinus</i> Britton & Rose, • <i>Cereus laevigatus</i> Salm-Dyck; • <i>Cereus pruinosus</i> (Otto ex Pfeiff.) Otto; • <i>Cereus schumannii</i> Mathsson; • <i>Cereus laevigatus</i> var. <i>guatemalensis</i> Eichlam; • <i>Lemaireocereus laevigatus</i> var. <i>guatemalensis</i> (Eichlam) Borg; • <i>Ritterocereus laevigatus</i> Backeb

(Elaboración propia).

Cuadro 7. Riqueza y abundancia florística de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.

ESPECIE	AREAS Y UNIDADES MUESTREADAS																Total de individuos por especie
	AREA I				AREA II				AREA III				AREA IV				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
<i>Cephalocereus maxoni</i>								10	32		21	32	41	12	19	31	198
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>									21				25	24	21	19	110
<i>Nopalea guatemalensis</i>	7	9	12	13	12	5	9	12	19	17	16	24	72	61	49	43	380
<i>Nopalea lutea</i> Rose											5		11	16	12	20	64
<i>Opuntia decumbens</i>			2			6	3	11	10	8	7	6	5	4	9	11	81
<i>Pachycereus lepidanthus</i>										9		12	52	29	35	25	162
<i>Stenocereus pruinosus</i>				3	12	5	9	18	19	15	12	9	21	16	19	14	172
Total de individuos por parcela	7	9	14	16	24	16	21	50	101	49	61	87	227	162	164	163	1168
Total de individuos por Área	46				112				294				716				1168

(Elaboración propia).

Las formaciones vegetales de cactáceas ubicadas entre 200 a 400 msnm (Área III y IV, unidades muestradas de la 9 a la 16), están representadas por las siete especies encontradas en el área de estudio. Con respecto a la abundancia si se pueden observar diferencias significativas, ya que el área III tiene una abundancia de 294 individuos, más del doble del área II, y el área IV presenta una abundancia de 716 individuos, nuevamente más del doble con respecto al área III. Es necesario hacer notar que las áreas representan solamente 100 m de diferencia en altitud sobre el nivel del mar, pero esa diferencia implica cambios importantes en las condiciones climáticas de la zona, haciendo una zona mucho más apta para la existencia, reproducción y supervivencia de las especies.

Con respecto a lo anterior, se puede afirmar que todas las especies encontradas están adaptadas a las condiciones de Monte Espinoso, y mientras se sube en altitud, se

disminuye la riqueza y abundancia de estas especies. Si se quieren tomar decisiones con respecto a la conservación de estas especies es importante conservar las zonas entre 200 y 400 msnm.

En total se colectó y determinó siete especies de cactáceas que conforman la composición florística de las cuatro áreas vegetales en la aldea San Jorge, Zacapa, y un total de 1168 individuos. Varias especies estuvieron distribuidas en todas las áreas y estas fueron: *Nopalea guatemalensis* Rose, con presencia en las 16 unidades de muestreo y una población de 380 individuos, siendo esta especie la más abundante; *Stenocereus pruinosus*, presente en 13 unidades con una población total de 172 individuos, también muy abundante y *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O., presente en 12 unidades con una población de 81 individuos. De estas especies se puede decir que son las más adaptadas a los cambios climáticos en la zona, porque están ampliamente distribuidas, son muy abundantes y pueden llegar a más de 500 msnm (Cuadro 7).

Cephalocereus maxonii Rose, está presente en tres áreas de muestreo, en 8 parcelas con una población de 198 individuos, esta especie puede llegar hasta 500 msnm; y *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R., presente en seis unidades de muestreo y una población total de 162 individuos; *Myrtillocactus eichlamii*, presente en cinco unidades de muestreo con una población de 110 individuos y *Nopalea lutea* Rose, presente en cinco unidades de muestreo con una población de 64 individuos, que están presentes solamente en dos de las áreas, las que están ubicadas entre 200 y 400 msnm. Estas especies son las de distribución más restringida y por lo tanto menos tolerantes a cambios climáticos, estas especies requieren especial cuidado porque son más vulnerables a la extinción.

Con respecto a la población total por unidad de muestreo, se puede señalar que las unidades que se levantaron por debajo de los 400 msnm presentaron las más altas poblaciones de cactáceas con relación a las arriba de los 400 msnm, donde las poblaciones se encontraron altamente fragmentadas.

De acuerdo a Arias y Véliz (2006), el uso de especies de cactáceas para delimitar potreros y linderos de terrenos; por ejemplo en lugares cálidos y secos, se utilizan: *Acanthocereus tetragonus*, *Pachycereus lepidanthus*, *Stenocereus pruinosus* y *S eichlamii*; mientras que en regiones templadas es frecuente *Opuntia strepthacantha*, *O. tomentosa* y *Pereskia aculeata*.

Existe disturbio del hábitat que influye en la riqueza florística y la sobrevivencia de las cactáceas en la zona de estudio, por las razones siguientes: expansión urbana, contaminación ambiental, sobre explotación de las especies, mayor demanda de áreas de cultivo y ganadería.

Existen diferentes condiciones en el área que ponen en peligro la viabilidad de conservación de las especies de cactáceas, siendo las más importantes:

a) Prácticas agrícolas incompatibles: esta amenaza se refiere tanto a la conversión histórica que ha existido de monte espinoso y bosque seco de San Jorge, Zacapa, a uso agrícola, así como a que muchas de las prácticas agrícolas actuales contribuyen a la degradación paulatina del hábitat natural aún existente. Esta amenaza es causada tanto por la producción agrícola comercial para el mercado local y de exportación, como para la agricultura de subsistencia. En el caso de la agricultura de exportación los productores cuentan con más recursos y han ocupado las tierras planas del valle. Los agricultores de subsistencia son productores marginales que han ocupado las laderas, y su motivación principal es el consumo familiar.

Los sistemas agrícolas predominantes son la agricultura intensiva en las áreas planas (cultivos de melón, mango, limón, sandía y en el pasado, tabaco) y agricultura de subsistencia (maíz-sorgo-frijol) en laderas. Actualmente la agricultura y la ganadería en el valle del Motagua, con una extensión de 60,000 ha, representan el 30% del uso de la tierra en la región (Defensores de La Naturaleza, 2006).

- b) Prácticas forestales incompatibles: la tala del bosque en las orillas de ríos en las partes altas y bajas del valle del Motagua, se realiza principalmente para la conversión de terrenos para la agricultura y ganadería, y para la obtención de madera para la construcción. La falta de aplicación de la ley por parte del Estado provoca un acceso casi ilimitado al recurso poniendo en serios problemas su sostenibilidad.

- c) Extracción selectiva de productos forestales no maderables: la extracción de especies de cactáceas con fines comerciales, ha sido un factor determinante en la disminución de sus poblaciones y su composición etárea, llevándolas al margen de su extinción en algunas localidades. Esta extracción es ejercida por la población local, quienes la venden a empresas que las exportan para satisfacer la demanda del mercado de plantas ornamentales

- d) Ganadería: esta actividad sigue siendo una amenaza a pesar de extenderse menos en términos del cambio de uso del suelo, si se compara con otras como el cultivo del melón. De cualquier forma los resultados es una amenaza para la conservación del ecosistema, por la perturbación de la regeneración natural, compactación de suelos, la introducción de especies exóticas y el uso del fuego para la renovación de pastizales.

- e) Desarrollo de urbanización e infraestructura vial: los efectos de la construcción de carreteras y caminos vecinales han sido factores determinantes en la fragmentación del hábitat de las cactáceas, pues facilitan el acceso para la conversión de hábitat a agricultura y ganadería, áreas urbanas, la extracción de productos forestales la comercialización de los productos en general.

En la aldea San Jorge existen distintas especies de cactáceas y las especies con altas densidades poblacionales encontradas fueron: *Cephalocereus maxonii* Rose con una densidad de 156 individuos/ha que se encuentran concentradas en la parte baja del área de estudio (a menos 400 msnm) y *Nopalea guatemalensis* con una densidad de

148 individuos/ha localizadas en todos los estratos evaluados. La especie con menor densidad poblacional fue *Napolea lutea* con una densidad de 25 individuos/ha (Figura 6).

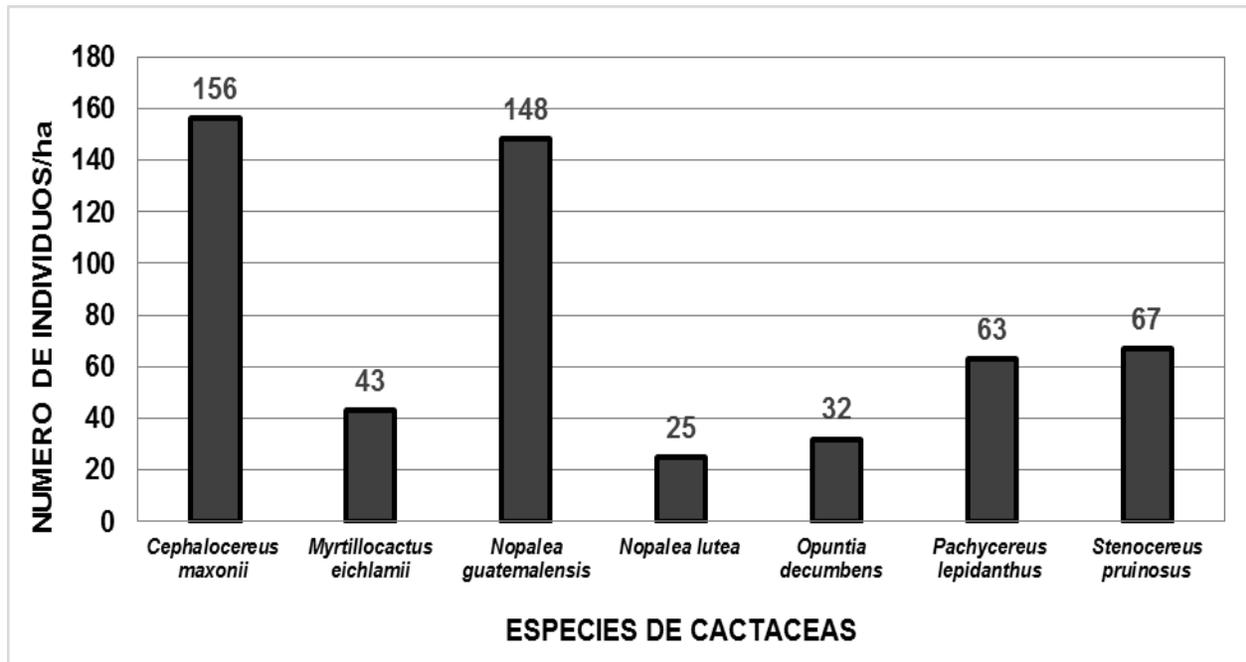


Figura 6. Abundancia de especies de cactáceas en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, 2013. (Elaboración propia).

Las poblaciones de todas las especies identificadas presentan características que podrían limitar su capacidad de regeneración, afectando el uso que los habitantes pueden hacer de ellas. Todas las poblaciones encontradas presentaron densidades variables y la proporción de individuos pequeños y grandes fue baja. Estas características deben ser consideradas en el manejo y aprovechamiento de estas especies, ya que se ha sugerido que las poblaciones compuestas por pocos individuos pequeños y grandes potencialmente pueden decrecer (Elzinga et al., 2001).

Se encontró que la transformación y destrucción de hábitat natural de las cactáceas identificadas derivada de las actividades humanas, al igual que características demográficas adversas como la baja densidad poblacional, representan los mayores

riesgos para las especies se vean amenazadas. Los resultados sugieren que la modificación y pérdida de hábitat deben ser consideradas factores de alto riesgo para la supervivencia y vulnerabilidad de las especies.

En el anexo 4 se encuentra la tabla completa de datos de densidad por especie y parcela muestreada.

De acuerdo la densidad relativa los resultados presentados en la figura 7, muestran que *Cephalocereus maxonii* Rose con un valor de 29.20%, seguido por *Nopalea guatemalensis* con 27.70%, las demás cactáceas determinadas presentaron una densidad relativa menor de 12.60%.

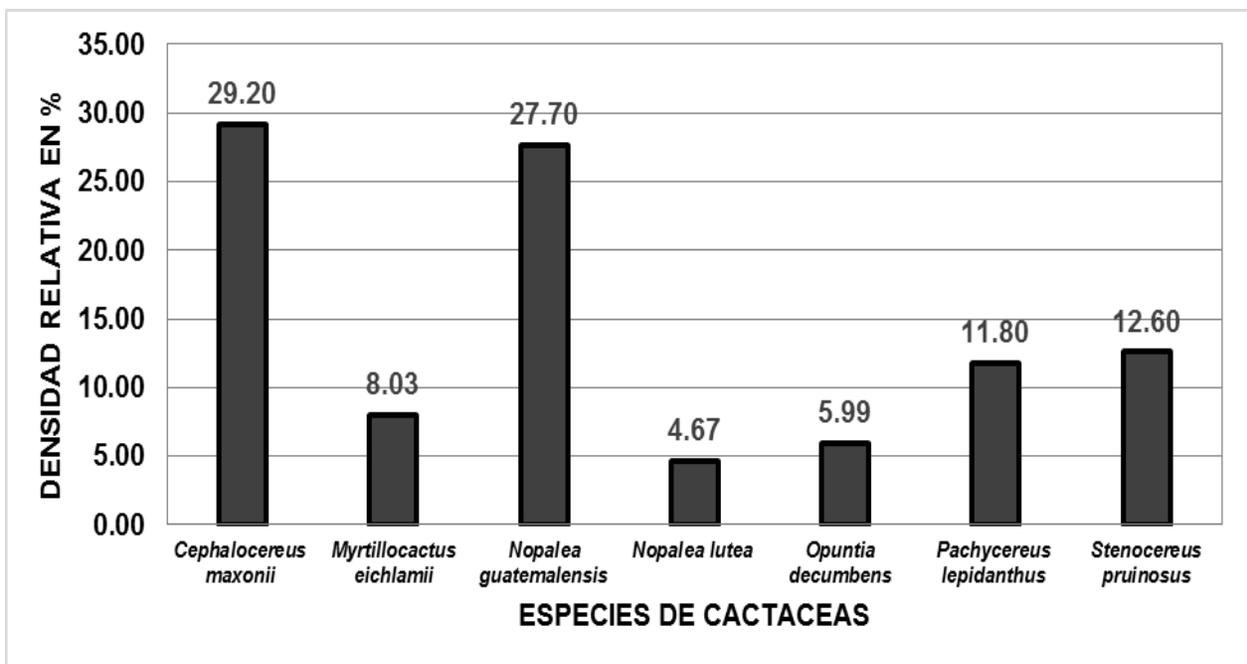


Figura 7. Abundancia relativa de las especies de cactáceas presente en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, 2013. (Elaboración propia).

De las siete especies de cactáceas encontradas en los alrededores de la aldea San Jorge, Zacapa, en base a los hallazgos, las especies *Myrtillocactus eichlamii*, *Nopalea guatemalensis*, *Nopalea lutea* Rose y *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O., están reportadas en peligro de extinción y se encuentran en los Apéndices de Comercio

Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES) y del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Es necesario también poner atención a *Nopalea guatemalensis* Rose porque es una especie endémica presente en la región semiárida de San Jorge, Zacapa y debe ser tomada en cuenta su distribución para programas de conservación y recuperación de la especie

La descripción de las características botánicas de las especies determinadas en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, se presentan en el anexo 2.

6.3 Importancia ecológica de las especies

6.3.1 Frecuencia de cactáceas en áreas de muestreo

Dentro de las 16 parcelas muestreadas se encontraron un total de siete especies de cactáceas (Figura 8). De las cuales la especie *Nopalea guatemalensis* se encontró distribuida en todos los puntos muestreados, es decir; su frecuencia fue del 100%. Las variedades *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O. y *Stenocereus pruinosus* se encontraron en 12 parcelas (75% de frecuencia), especialmente en las áreas que se encontraban a una altura de 200 a 500 msnm, las cuáles son especies indicadoras de la zona de estudio. Otras se encontraron en menor frecuencia como *Cephalocereus maxonii* Rose (50% de frecuencia), *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. (38% de frecuencia), *Myrtillocactus eichlamii* y *Napolea lutea* (31% de frecuencia).

De acuerdo al estudio se muestra que la mayoría de esta extensión de la aldea San Jorge, Zacapa presenta una cobertura vegetal de cactáceas altamente fragmentada, especialmente en la zona del valle de La Fragua, donde la explotación del cultivo de melón ha desplazado los ecosistemas naturales.

Para realizar el estudio comparativo de las especies de cactáceas en el área de estudio, se determinó la frecuencia relativa, esta es una variable que depende no sólo del patrón y de la especie considerada, sino también del patrón y de la densidad de las demás especies de cactáceas presentes. De acuerdo a la información recolectada y los resultados obtenidos, la especie cactácea con mayor frecuencia relativa dentro del área de estudio fue *Nopalea guatemalensis* con un valor de 25%; seguido por las variedades *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O. y *Stenocereus pruinosus* con 18.75% cada una. Las restantes especie determinadas presentaron un frecuencia relativa menor del 12.50% (Figura 9).

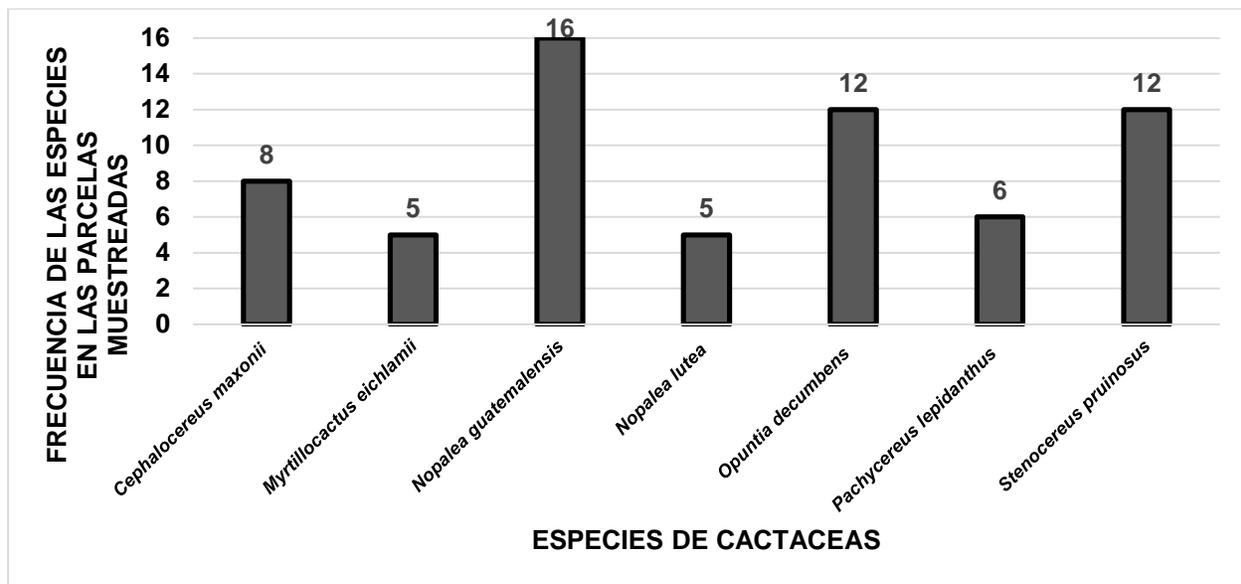


Figura 8. Frecuencia de especies de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013. (Elaboración propia).

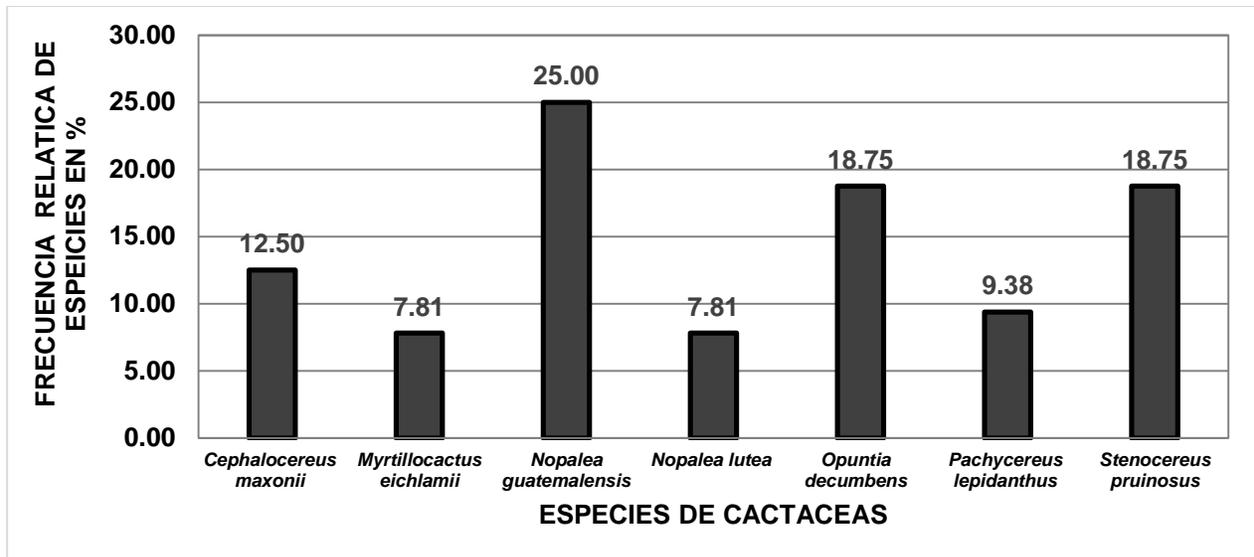


Figura 9. Frecuencia relativa en porcentaje de las especies de cetáceas en el área de la aldea San Jorge, Zacapa, 2013.

(Elaboración propia).

6.3.2 Cobertura de cactáceas

La cobertura de una especie cactácea es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes áreas de los individuos de la especie considerada. En la figura 10 se muestran los resultados de la cobertura de las especies encontradas en la aldea San Jorge, Zacapa, en donde *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. con una densidad de 63 individuos/ha cubre una extensión de 2,503.13 m²/ha, seguido por las especies *Cephalocereus maxonii* Rose con 156 individuos/ha cubre 595.01 m²/ha; *Nopalea guatemalensis* con 148 individuos/ha cubre 445.70 m²/ha; *Stenocereus pruinosus* con una población 67 individuos/ha cubren 283.17 m²/ha; *Nopalea lutea* con 25 individuos/ha cubren una extensión de 246.25 m²/ha; *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O. con una densidad de 32 individuos/ha tiene una cobertura de 41.67 m²/ha y *Myrtillocactus eichlamii* con 43 individuos/ha cubren 41.10 m²/ha. Como se puede observar en los resultados no siempre a mayor densidad mayor cobertura, como se presenta en el anexo 4).

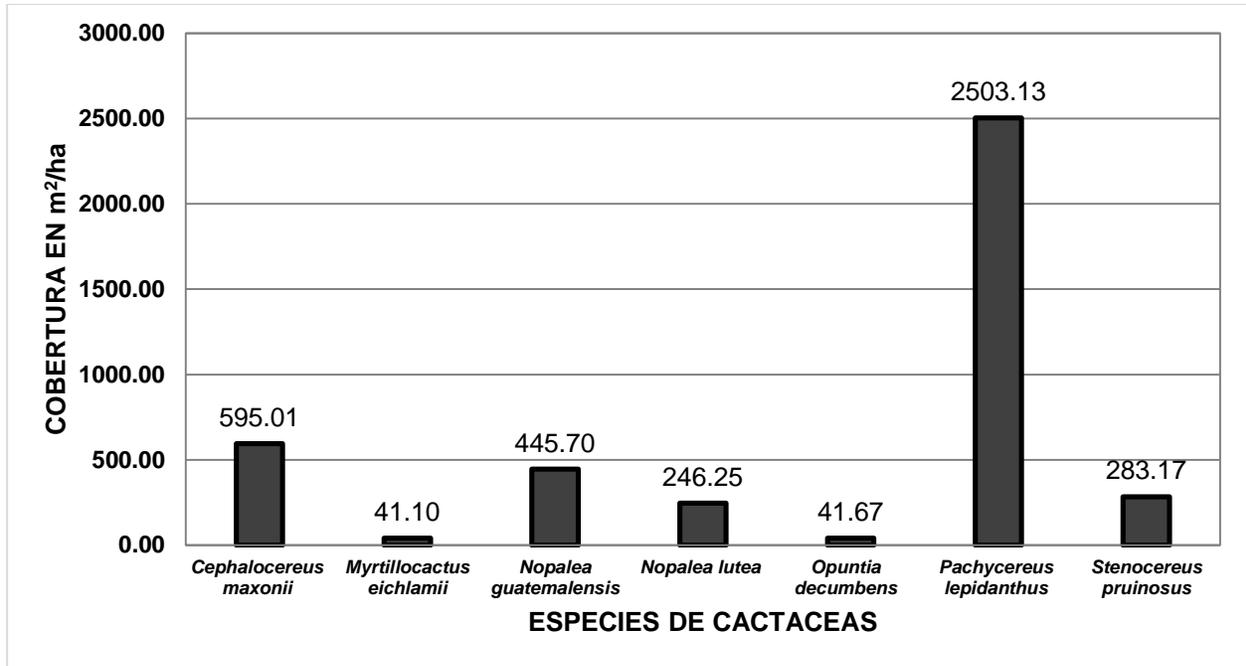


Figura 10. Cobertura de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013. (Elaboración propia).

De acuerdo a los resultados de la cobertura relativa presentados en la figura 11 y anexo 5, el mayor valor se encontró en *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. con un valor de 60.23%, seguido por las especies *Cephalocereus maxonii* Rose con 14.32%, *Nopalea guatemalensis* con 10.72%, *Stenocereus pruinosus* con 6.81%; *Nopalea lutea* con 5.93%; *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O. con 1.00% y *Myrtillocactus eichlamii* con 0.99%.

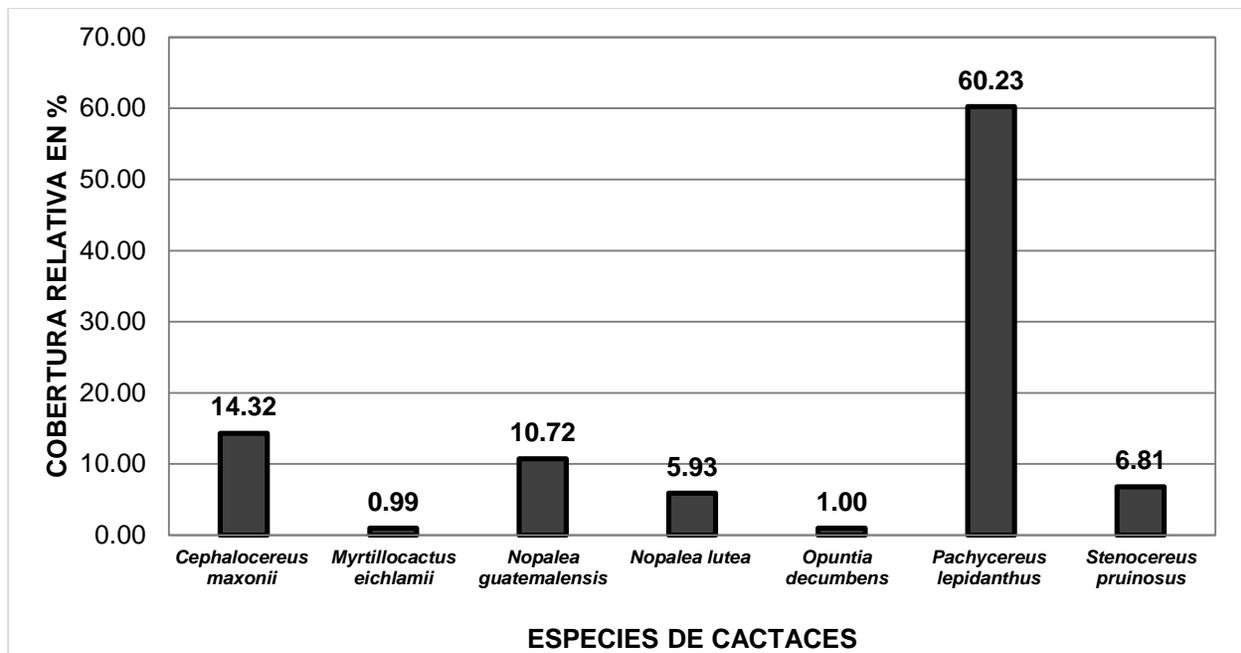


Figura 11. Cobertura relativa de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013. (Elaboración propia).

Las especies que presentaron la mayores coberturas fueron; *Pachycereus lepidanthus*, *Cephalocereus maxonii*, *Nopalea guatemalensis*, *Stenocereus pruinosus* y *Nopalea lutea*, de acuerdo a las características de estas especies, son de forma columnar arbórea y se encontraron con mayor frecuencia y cobertura en la parte baja del área de estudio, especialmente como cercos para delimitar terrenos productores de melón.

6.3.3 Índice de valor de importancia

Las especies de cactáceas que demostraron tener los más altos valores de Índice de Valor de Importancia en el monte espinoso del área de la aldea San Jorge, Zacapa, fueron: *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. con un valor de importancia de 81.43%, *Nopalea guatemalensis* con 63.43% y *Cephalocereus maxonii* Rose con 56.02%. Las especies antes mencionadas presentan el mayor número de especies endémicas de la región zacapaneca. Las demás especies determinadas en el área de estudio mostraron índices de valor de importancia menores al 50% (Figura 12, Anexo 5).

En las últimas décadas, las diferentes actividades humanas (agricultura, ganadería y aprovechamiento forestal) han modificado los ecosistemas naturales de la aldea San Jorge, Zacapa y han puesto en peligro las especies nativas de las cactáceas, sobre todo las endémicas. Lo interesante del índice de valor de importancia, es que al consolidar la frecuencia, la densidad y la cobertura, se pueden determinar preceptos importantes en la escogencia de especies que pueden servir para establecer plantaciones directas en las zonas degradadas. Este análisis determina entonces la importancia de especies como *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. y *Nopalea guatemalensis* en procesos de restauración ecológica.

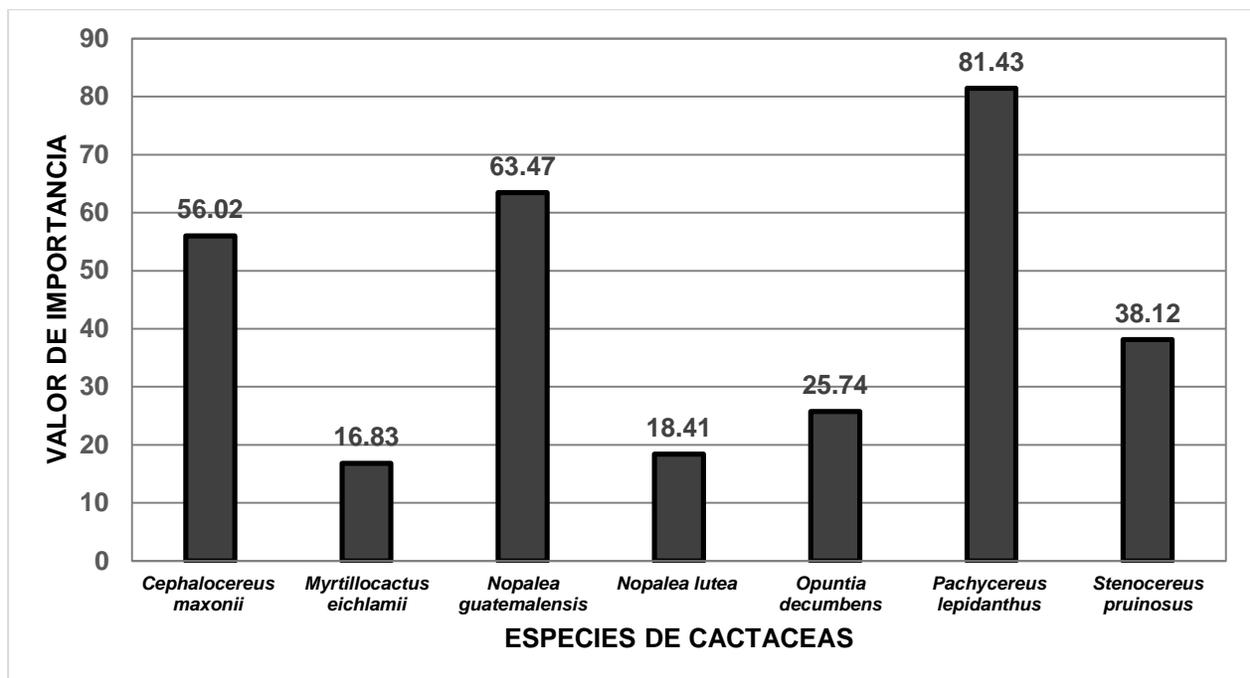


Figura 12. Índice de valor de importancia de las especies de cactáceas presentes en la aldea San Jorge, Zacapa, 2013. (Elaboración propia).

A partir de especies identificadas dentro del ecosistema de cactáceas, con bajos índices de valor de importancia es necesario y prioritario la recuperación de estas, no solo para la reserva ecológica de la región estudiada, sino también para el resto de los hábitats de cactáceas del valle de La Fragua y Motagua.

6.3 Uso de las cactáceas encontradas en la aldea San Jorge, Zacapa

Los usos de las cactáceas en la aldea San Jorge y sus alrededores han sido usados por los pobladores para diversos fines, como se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Uso de las cactáceas encontradas en la aldea San Jorge, Zacapa.

CACTÁCEAS	USO
<i>Opuntia decumbens</i>	Alimentación humana.
<i>Nopalea guatemalensis</i> y <i>Nopalea lutea</i>	Medicina, forraje para ganado menor y leña.
<i>Cephalocereus maxonii</i>	Ornamental, extracción de colorantes a través de la producción insecto <i>Dactylopius coccus</i> Costa (Homoptera: Coccoidea).
<i>Stenocereus pruinosus</i> ,	Cercos vivos para delimitar terrenos

(Elaboración propia).

VII. CONCLUSIONES

La especie con mayor abundancia en el área de estudio fue *Nopalea guatemalensis*, con presencia en las 16 unidades levantadas y una población de 380 individuos

La especie de menor abundancia fue *Nopalea lutea* Rose, con presencia en cinco unidades muestreadas y una población de 64 individuos. Esta última con mayor presencia en la parte más baja del valle de San Jorge.

Las especies más distribuidas fueron: *Nopalea guatemalensis*, *Stenocereus pruinosus* y *Opuntia decumbens*.

Las especies menos distribuidas fueron: *Myrtillocactus eichlamii*, *Nopalea lutea* Rose, *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. y *Cephalocereus maxonii*.

Las áreas de menor altitud, entre 200 y 400 msnm presentan la totalidad de las especies encontradas y son las áreas con mayor abundancia de individuos.

El área con mayor altitud, más de 500 msnm, presenta la menor cantidad de riqueza y de abundancia.

La estructura de las comunidades de cactáceas es: con mayor frecuencia fue *Nopalea guatemalensis*; con mayor densidad fue *Cephalocereus maxonii* Rose; con mayor cobertura fue *Pachycereus lepidanthus*.

Se determinó que las especies que ejercen predominio ecológico en el bosque de cactáceas son: *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R. y *Nopalea guatemalensis*, con un índice de valor de importancia de 81.43 y 63.47%.

Se determinó que el uso de las especies cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa, son: para alimento humano (*Opuntia decumbens*); Medicina, forraje para ganado menor y

leña (*Nopalea guatemalensis* y *N. lutea*); ornamental y extracción de colorantes a través de la producción del insecto *Dactylopius coccus* (*Cephalocereus maxonii*) y para la construcción de cercos vivos para delimitar terrenos (*Stenocereus pruinosus*).

El potencial agrícola de las tierras planas del valle del Motagua, especialmente de la aldea San Jorge, Zacapa, las especies de cactáceas (nativa y endémica) ha sido sustituidas y/o removidas para dar paso a la agricultura de exportación, especialmente el cultivo de melón o para la comercialización como especies ornamentales.

La extracción de cactáceas con fines comerciales ha sido un factor determinante en la disminución de las poblaciones y de su composición etárea, llevándolas al punto de su extinción.

Debido a la demostrada importancia de las cactáceas en la región de San Jorge, Zacapa y las amenazas que se ciernen sobre su conservación, no se cuenta con planes de conservación de ninguna autoridad local, municipal o gubernamental.

VIII. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este estudio, se recomienda implementar un plan manejo, protección y conservación de las comunidades de cactáceas en la aldea San Jorge, Zacapa. En este sentido, se debe iniciar con la recuperación de la cobertura vegetal nativa de cactáceas; y realizar un manejo de las especies endémicas poco distribuidas o con presión de uso para reducir el riesgo de desaparición.

Es importante lograr la interconexión de los fragmentos de los ecosistemas de cactáceas para que con el tiempo la expansión de la vegetación promueva la recuperación de otros atributos que ayudarían a la sostenibilidad del sistema.

Es urgente formular y ejecutar estrategias para la conservación de los ecosistemas naturales de cactáceas de la región nororiental y en especial el departamento de Zacapa, a través de la coordinación de instituciones no gubernamentales y gubernamentales.

Solicitar el apoyo técnico de la Escuela de Agricultura de Nor Oriente (EANOR) para el levantamiento del inventario de las comunidades de cactáceas en los valles de La Fragua y Motagua.

Promover, fomentar y coordinar con instituciones universitarias locales, la realización de estudios de las comunidades de cactáceas, estudios sistemáticos de los grupos de especies nativas y endémicas de la región semiárida y árida del oriente del país.

Formular y ejecutar con el apoyo de la Universidad Rafael Landívar a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales, con sede en el departamento de Zacapa, la planificación estratégica para la conservación, protección y uso de los géneros de cactáceas en los departamentos de Zacapa, El Chiquimula y El Progreso.

Promover e impulsar la producción de cactáceas como recurso económico a través de la producción de tallos y frutos comestibles, medicinales y ornamentales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGEXPRONT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT) (2000). Manual del cultivo de cactus. Guatemala, AGEXPRONT, Programa para el Desarrollo de la Capacidad Competitiva Agrícola Exportable no Tradicional. 50 p.
- AGEXPORT (2001). Categoría B: Cactáceas. Primer Encuentro Nacional de la Diversificación Agrícola. Asociación de Exportadores de Productos No Tradicionales. Capítulos Nuevos, productos agrícolas con potencial hacia los mercados. Guatemala. Pp. 258-272.
- Amador, D. (2001). Curso de Técnicas de Cultivo de Tejidos Vegetales. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Programa de Estudios de Maestría en Biotecnología de plantas. Guatemala. 116 p.
- Arias M., S. y Véliz, M. E. (2006). Diversidad y distribución de las Cactaceae en Guatemala. Editor E. Cano. Biodiversidad de Guatemala. 1:229-238.
- Becerra, J. (1971). Notas de Ecología Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.
- Bravo H., Helia (1978). Las Cactáceas de México. Segunda Edición. Universidad Autónoma de México (UNAM). Dirección General de Publicaciones. Vol. 1. México. 743 p.
- Bravo, H. y Scheinvar, L. (1995). El Interesante Mundo de las Cactáceas. Fondo de Cultura Económica. México. 233 p.
- Bravo, H. y Sánchez M., H. (1985). Las Cactáceas de México. Universidad Autónoma de México (UNAM). Dirección General de Publicaciones. Vol. 3. México. 265 p.
- Cantillo, E.; Rodríguez, K.; y Avella, A. (2004). Caracterización florística, estructural, diversidad y ordenación de la vegetación, en la reserva forestal Cárpatos, Guasca Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Cantillo, E. (2001). Diversidad y Caracterización Florística y Estructural de la Vegetación en la Zona de Captación de Aguas de la Microcuenca El Tigre. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

- Castañeda, C. y Vargas, H. A. (1996). Vida en la zona semiárida de Guatemala. Cuadernos Chac. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala. 36 p.
- CONABIO. 1997. Suculentas mexicanas. Cactáceas. CVS Publicaciones S.A. México. 143 p.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). (2001). Listado de especies de flora silvestre amenazadas de extinción (Lista Roja de Flora). Guatemala, Secretaria Ejecutiva Departamento de Vida Silvestre. P. 23-50.
- Fundación Defensores de la Naturaleza (2006). Plan De Conservación de la Región Semiárida del Valle del Motagua. Guatemala. 69 p.
- Guzmán, U.; Arias, S. y Dávila, P. (2007). Catálogo de autoridades taxonómicas de las cactáceas (Cactaceae: Magnoliopsida) de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Base de datos SNIB- CONABIO, proyectos Q045 y AS021. México.
- Hernández M., M. M. y Sánchez M., E. (2002). Informe de una nueva localidad de *Mammillaria mathildae* y una propuesta para modificar su categoría legal de conservación. Cactus Suc. México. pp 4-10.
- Holdridge, L. (1978). Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 96 p.
- Hubstenberger, J. F. (1992). Micropropagation of Cacti (Cactaceae). In: Bajaj, Y.P.S. Biotechnology in Agriculture and Forestry. Germany. Springer Verlag. Pp. 49-68.
- Instituto Geográfico Nacional (1981). Hoja cartográfica del municipio de Zacapa. Escala 1:50,000. Guatemala. 1 p.
- Lamprecht, H., (1990). Silvicultura de Bosques Tropicales. Alemania.
- Linares, J. (2006). Nuevas subespecies de *Mammillaria eriacantha* (Cactaceae) de Guatemala. Cact. Adventures Int. 70: 2-7.
- Martínez, V. C. (2007). Cactáceas (en línea). México. Consultado 16 abril 2012. Disponible en [http://www. Botanical-online.com/familiacactaceascastella.htm](http://www.Botanical-online.com/familiacactaceascastella.htm)
- Matteucci, D. y Colma, D. (1982). Metodología para el Estudio de la Vegetación. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Venezuela. 462 p.
- Melo, O.; Martínez, H.; y Huertas, F. (1997). Cuantificación de la diversidad florística y análisis estructural de ecosistemas tropicales. Ministerio del Medio Ambiente. Universidad del Tolima. Centro Forestal Tropical Bajo Calima.

- Meyran C., A. J.; García P., M.; y Martínez M., D. J. (2000). México lindo y sus cactus. México, UNAM, Iztacala. Órgano Informativo de la UNAM, Campus Iztacala. 7(150):2.
- MOPT (1992). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. España. 19 p.
- Municipalidad de Zacapa (2012). Caracterización municipal. Oficina Municipal de Planificación (OPM). Zacapa, Guatemala. 86 p.
- Paniagua, G. H. (1980). Contribución al estudio de las cactáceas del departamento de El Progreso, Guatemala. Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 45 p.
- Proyecto de Apoyo al Catastro, Regularización y Registro en Zacapa y Chiquimula (2012). Ortofotos del municipio de Zacapa y aldea San Jorge. Realización de ortofotogramas a partir de un vuelo 1:5.000 sobre un área de 97.00 Km², que cubrió las áreas urbanas de los municipios de Zacapa, Estanzuela, Teculután, Cabañas y Gualán.
- Reyes, S. J.; Brachet, I. Ch.; Pérez, C. J.; Gutiérrez, R. A. (2004). Cactáceas y otras plantas nativas de la cañada Cuicatlán, Oaxaca. Ed. Sociedad Mexicana de Cactología e Instituto de Biología UNAM. México. p. 196.
- Ríha, J. y Subik, R. (1991). Enciclopedia de los Cactus. Checoslovaquia. SUSAETA. Spektrum, Brno. 350 p.
- Rubluo, A. (1990). Aplicaciones biotecnológicas para el rescate de cactáceas en peligro de extinción. BIOTAM. México. 1(3): 13-19.
- Salamanca, B. (2000). Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Convenio DAMA – Fundación Bachaqueros. Bogotá, Colombia. 69 p.
- Standley, P. y Steyermark, J. (1962). Flora of Guatemala. Field Natural History Museum. Fieldiana Botany 24 (VII) 2:187-294.
- Stewt, R. (2004). El mundo de las cactáceas (en línea). Consultado 10 agosto de 2011. Disponible en http://www.geocities.com/euskal_kaktus/MORFOcastellano.html.
- UNESCO, PNUMA, FAO (1980). Ecosistemas de los Bosques Tropicales. Madrid, España.
- Universidad del Valle, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Universidad Rafael Landívar (2011). Cobertura forestal en el Departamento de Zacapa 2001-2006. Guatemala.

- U.S.D.A. Department of Agriculture, United States Geology Survey, Nature Resources Conservation, Agricultural Research Service. (2000). Interpretación de indicadores en la salud del pastizal: versión 3; t. por Alicia Melgoza Castillo. [s.p.i.], 60 h. (Technical Reference 1734-6).
- Véliz, M. E. (2010). Estado de conocimiento de la familia Cactaceae en Guatemala. Herbario BIGU, Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 1-6 p.
- Villar, L. (1998). La Flora Silvestre de Guatemala. Guatemala. Edit. Universitaria. Vol. No. 6. (Colección Manuales). 59 p.

ANEXOS

Anexo 1

Boleta básica de entrevistas a pobladores de la aldea San Jorge, Zacapa, 2012.

I. INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre del sitio: _____
2. Estrato: _____
3. Parcela: _____
4. Altitud: _____
5. Coordenadas: _____

II. ESPECIMENES ENCONTRADAS

NOMBRE COMUN*	NOMBRE CIENTIFICO	
	GENERO	ESPECIE

* Nombre común de la región.

III. ASPECTOS ECOLOGICOS

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ALTURA DEL ESPECIMEN (m)	EPOCA DE FLORACIÓN		COLOR DE LA FLOR	POSICIÓN DE LAS FLORES
			De:	A:		

IV. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESPECÍMENES/PARCELA

NOMBRE COMUN	NUMERO DE ESPECIMENES POR PARCELA															
	Area I Más de 500 msnm				Area II Entre 400 a 500 msnm				Area III Entre 300 a 400 msnm				Area IV Menos de 300 msnm			
	ESPECIMEN/PARCELA				ESPECIMEN/PARCELA				ESPECIMEN/PARCELA				ESPECIMEN/PARCELA			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
TOTAL																

V. PARTES DE APROVECHADAS POR LOS ESPECÍMENES

NOMBRE COMUN	Tallos	Raíces	Flores	Frutos	Semillas

VI. USO DE LAS PARTES APROVECHADAS

NOMBRE COMUN	Alimento	Medicina	Alimento de ganado	Construcción y leña	Ornamental

VII. CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN ENCONTRADO

NOMBRE COMUN	HABITO DE CRECIMIENTO			TIPO DE TALLO		
	Arborescente	Trepador	Epífito	Suculentos	Simples	Ramificados
	TIPO DE ESPINA			FORMA DE TALLO		
	Acicular	Cónica	Uncinada	Cilíndrico	Globoso	Aplanado
	CONSISTENCIA DE LA ESPINA			SUPERFICIE DEL TALLO		
	Rígida	Setosa	Papirácea	Lisa	Costillas	
	COLOR DE LA ESPINA			OBSERVACIONES		
	Amarilla	Roja	Negra			
NOMBRE CIENTIFICO	FORMA DEL FRUTO					
	Bayas dehiscentes	Bayas indehiscentes				
	PARED DEL FRUTO					
	Con escamas	Sin escamas				
	TIPO DE FRUTO					
Carnoso	Seco					
NOMBRE COMUN	HABITO DE CRECIMIENTO			TIPO DE TALLO		
	Arborescente	Trepador	Epífito	Suculentos	Simples	Ramificados
	TIPO DE ESPINA			FORMA DE TALLO		
	Acicular	Cónica	Uncinada	Cilíndrico	Globoso	Aplanado
	CONSISTENCIA DE LA ESPINA			SUPERFICIE DEL TALLO		
	Rígida	Setosa	Papirácea	Lisa	Costillas	
	COLOR DE LA ESPINA			OBSERVACIONES		
	Amarilla	Roja	Negra			
NOMBRE CIENTIFICO	FORMA DEL FRUTO					
	Bayas dehiscentes	Bayas indehiscentes				
	PARED DEL FRUTO					
	Con escamas	Sin escamas				
	TIPO DE FRUTO					
Carnoso	Seco					
NOMBRE COMUN	HABITO DE CRECIMIENTO			TIPO DE TALLO		
	Arborescente	Trepador	Epífito	Suculentos	Simples	Ramificados
	TIPO DE ESPINA			FORMA DE TALLO		
	Acicular	Cónica	Uncinada	Cilíndrico	Globoso	Aplanado
	CONSISTENCIA DE LA ESPINA			SUPERFICIE DEL TALLO		
	Rígida	Setosa	Papirácea	Lisa	Costillas	
	COLOR DE LA ESPINA			OBSERVACIONES		
	Amarilla	Roja	Negra			
NOMBRE CIENTIFICO	FORMA DEL FRUTO					
	Bayas dehiscentes	Bayas indehiscentes				
	PARED DEL FRUTO					
	Con escamas	Sin escamas				
	TIPO DE FRUTO					
Carnoso	Seco					

Anexo 2.

Caracterización de cactáceas identificadas en San Jorge, Zacapa

2.1 *Myrtillocactus eichlamii*

Myrtillocacti eichlamii son arbóreos altos, que consiste en un tronco central con muchas ramas. El tronco y las ramas tienen hasta ocho costillas distintas. Su altura máxima puede variar de 1.25 m a 5.00 m (Figura 13).

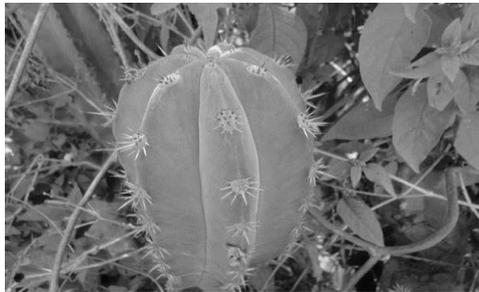


Figura 13. *Myrtillocacti eichlamii*.
(Generación propia).

2.2 *Cephalocereus maxonii* Rose

Plantas de 1 a 3 m de alto con algunas ramas erectas, de color de verde claro, los ápices de las ramas cubierto con pelos suaves como lana de 4 a 5 cm de largo; costillas del tallo 6 a 8, aréolas pequeñas; flores blancas de 4 cm de largo; ovario desnudo excepto unas pequeñas escamas; fruta de 3.5 cm amplio y casi siempre; semillas de color marrón, reticulares (Figura 14).



Figura 14. *Cephalocereus maxonii* Rose
(Generación propia).

2.3 *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O.

Planta arbustiva de hasta poco más de un metro de altura. Tallos generalmente postrados, ocasionalmente ascendentes; ramifica desde la base. Cladodios cuando jóvenes pueden ser suborbiculares, al tiempo obovados, presentan manchas púrpuras o rojizas alrededor de las areolas; cladodios jóvenes verde fuerte, cuando viejos verde amarillentos. Flores con tépalos amarillos, de forma obovada. Estambres medio abundantes; estigma superior a los androceos y lobulado (Figura 15).



Figura 15. *Opuntia decumbens* Salm-Dyck O.

(Generación propia).

2.4 *Nopalea guatemalensis*

Arboles de hasta 6 m de altura y 6 m de diámetro en la copa, tronco ramificado, corteza gris, tallo elíptico 10 a 30 cm de largo y de 10 a 15 cm de ancho de color verde, con 3 a 8 aureolas circulares, espinas rectas de 1 a 3 cm de largo (Figura 16).



Figura 16. *Nopalea guatemalensis*
Fuente: Generación propia.

2.5 *Nopalea lutea* Rose

Arboles de hasta 5 m de altura, con tronco indefinido, espinoso, corteza gris; ramas secundarias pendulares; segmentos del tallo en forma ovalada (de huevo), de color verde claro, de 15 cm de largo, de 10 a 15 cm de ancho; 5 series de areolas; areolas circulares, ligeramente elevadas; espinas ascendentes erectas de 2 a 6 cm en la parte inferior de la areola. Entre numerosas plantas en varios estados de desarrollo (Figura 17).



Figura 17. *Nopalea lutea* Rose
(Generación propia).

2.6 *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R.

Cactus columnares ramificadas o ligeramente ramificado en la base de 3 a 4 m de altura, con tallos erguidos, de color verde brillante, de hasta 8 cm de diámetro. Tallos de 7 a 9 lados bajos de sección triangular en las aréolas pequeñas espaciadas alrededor de 1 cm, espinas amarillentas grisáceas débilmente diferenciadas. Flores amarillas a naranja, en forma de embudo formado de hasta 7cm de largo y 2,5 cm de diámetro, emergentes en la parte superior de los tallos. Frutos secos cubiertos con sedas finas espinas (Figura 18).



Figura 18. *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) B. y R.
(Generación propia).

2.7 *Stenocereus pruinosus*

Stenocereus es un género de cactus columnares, de apariencia arbórea. Produce numerosas ramas de color gris verdoso y presenta un matiz blanquecino de secreciones cerosas. Las ramas son más estrechas en la base y muestran las muescas de crecimiento en la base. Presenta aureoles en la parte acanalada de los cactus. Cada aureola produce una flor. La base de la flor está cubierta de espinas finas que son casi pelos (Figura 19).



Figura 19. *Stenocereus pruinosus*
(Generación propia).

Anexo 3.

Densidad de cactáceas por unidad muestreada y especies encontradas

NOMBRE CIENTIFICO	PARCELA MUESTREADA																DENSIDAD Ind/parc	DENSIDAD Ind/ha	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
<i>Cephalocereus maxonii</i> Rose.								10	32		21	32	41	12	19	31	12	156	
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>											21			25	24	21	19	7	43
<i>Nopalea guatemalensis</i>	7	9	12	13	12	5	9	12	19	17	16	24	72	61	49	43	24	148	
<i>Nopalea lutea</i> Rose												5	11	16	12	20	4	25	
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck O.			2			6	3	11	10	8	7	6	5	4	9	11	5	32	
<i>Pachycereus lepidanthus</i> (Eichlam) B. y R.										9		12	52	29	35	25	10	63	
<i>Stenocereus pruinosus</i> (Generación propia).				3	12	5	9	18	19	15	12	9	21	16	19	14	11	67	

Anexo 4.

Cobertura de cactáceas por parcela muestreada y especies encontradas

NOMBRE CIENTIFICO	PARCELA MUESTREADA																m ² /parcela	m ² /ha
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
<i>Cephalocereus maxonii</i> Rose.								19	61		40	61	78	23	36	59	47	156
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>									6				7	7	6	6	7	43
<i>Nopalea guatemalensis</i>	27	34	46	49	46	19	34	46	72	64	61	91	273	231	186	163	71	148
<i>Nopalea lutea</i> Rose											15		34	49	37	62	39	25
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck O.			2			6	3	10	9	8	7	6	5	4	9	11	7	32
<i>Pachycereus lepidanthus</i> (Eichlam) B. y R.										134		178	771	430	519	371	401	63
<i>Stenocereus pruinosus</i> (Generación propia).				10	41	17	31	61	65	52	41	31	72	55	65	48	45	67

Anexo 5.

Índice de valor de importancia de las especies de cactáceas encontradas

NOMBRE CIENTIFICO	Frecuencia	Abundancia	Cobertura	Frecuencia relativa %	Abundancia relativa %	Cobertura relativa %	IVI
<i>Cephalocereus maxonii</i> Rose.	8	156	595.01	12.50	29.2	14.32	56.02
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>	5	43	41.10	7.81	8.03	0.989	16.83
<i>Nopalea guatemalensis</i>	16	148	445.70	25.00	27.7	10.72	63.47
<i>Nopalea lutea</i> Rose	5	25	246.25	7.81	4.67	5.925	18.41
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck O.	12	32	41.67	18.75	5.99	1.003	25.74
<i>Pachycereus lepidanthus</i> (Eichlam) B. y R.	6	63	2,503.13	9.38	11.8	60.23	81.43
<i>Stenocereus pruinosus</i>	12	67	283.17	18.75	12.6	6.814	38.12
TOTAL	64	535	4,156.03	100.00	100	100	

(Generación propia).