



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO  
EN SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE

AGROFORESTERÍA EN ZONA ÁRIDA, CULTIVO Y CONSERVACIÓN DE LA  
FLORA MEDICINAL DE SAN LUIS POTOSÍ

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presenta.

**CÁNDIDO DÍAZ REYEZ**

Bajo la supervisión de:

**DR. DANTE ARTURO RODRÍGUEZ TREJO**



Chapingo, Estado de México, junio de 2019



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

**AGROFORESTERÍA EN ZONA ÁRIDA, CULTIVO Y CONSERVACIÓN DE LA  
FLORA MEDICINAL DE SAN LUIS POTOSÍ**

Tesis realizada por Cándido Díaz Reyes, bajo la supervisión del Comité asesor indicado, aprobada y aceptada por el mismo como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

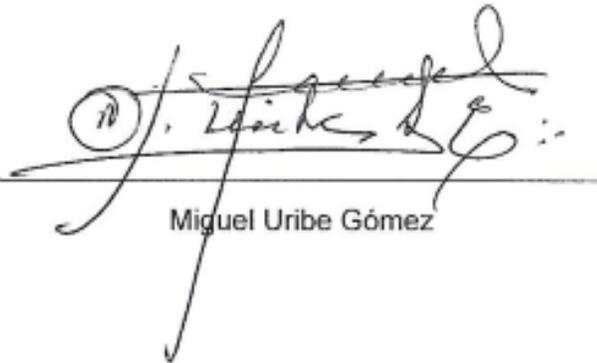
Director:

  
Dante Arturo Rodríguez Trejo

Codirector:

  
Dióforo Granados Sánchez

Asesor:

  
Miguel Uribe Gómez

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
DATOS BIOGRÁFICOS.....	x
RESUMEN GENERAL.....	xi
GENERAL ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	5
2.1. Comunidades Vegetales.....	5
2.2. Análisis Estadístico.....	6
2.3. Antecedentes.....	6
2.3.1. Antecedentes de Conservación del “Sitio Sagrado Natural” .....	6
Antecedentes de la flora en el altiplano.....	7
2.3.2. Antecedentes Histórico-Culturales del Altiplano Potosino.....	10
2.3.3. Deterioro ambiental .....	14
2.4. Flora medicinal.....	15
2.5. Escenario Socioeconómico del Municipio de Catorce, SLP.....	18
2.6. Flora Nativa del Municipio de Catorce, SLP .....	23
2.7. Mezquite: un árbol que dinamiza el espacio-tiempo .....	25
2.7.1. Potencial terapéutico del mezquite.....	25
2.7.2. Prosopis: especie medicinal con potencial económico.....	29
2.7.3. Aprovechamiento del mezquite .....	33
2.9. Orégano Mexicano ( <i>Lippia graveolens</i> ) .....	41
2.9.1. Potencial terapéutico del orégano mexicano <i>Lippia graveolens</i> ....	42
2.9.2. Aplicaciones terapéuticas del orégano en la medicina popular .....	43
2.9.3. Rendimiento de orégano mexicano.....	44
2.9.4. Establecimiento, manejo y beneficio de <i>Lippia graveolens</i> .....	44

2.9.5.	Aprovechamiento de los tallos remanentes del orégano .....	46
2.9.6.	Análisis económico de los productos de <i>Lippia graveolens</i> . .....	47
2.10.	Wereke: una especie con potencial agromedicinal en zonas áridas	48
2.10.1.	Wereke: generalidades y aplicaciones terapéuticas .....	48
2.10.2.	Distribución y comercialización de <i>Ibervillea</i> sp. ....	50
2.10.3.	Costos de Aprovechamiento del Wereke .....	51
2.10.4.	Análisis económico de producción, ingreso y utilidad bruta .....	52
2.10.5.	Literatura Citada .....	53
3.	ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE LA FLORA DE LAS SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES, MUNICIPIO DE CATORCE, S.L.P. ....	63
3.1.	Resumen .....	63
3.2.	Introducción .....	64
3.3.	Materiales y Métodos.....	66
3.4.	Resultados y Discusión.....	67
3.5.	Conclusiones .....	75
3.6.	Literatura Citada .....	76
4.	ANÁLISIS DEL POTENCIAL AGROFORESTAL-MEDICINAL DEL MEZQUITE EN LA COMUNIDAD SAN CRISTÓBAL, MUNICIPIO DE CATORCE, S.L.P.....	79
4.1.	Resumen .....	79
4.2.	Introducción .....	79
4.3.	Materiales y Métodos.....	81
4.4.	Resultados y discusión .....	84
4.4.1.	Caracterización de la vegetación .....	84
4.4.2.	Análisis del potencial económico del mezquite .....	88
4.4.3.	Análisis del potencial agromedicinal del mezquite .....	93
4.4.4.	Aplicaciones terapéuticas del mezquite .....	94
4.4.5.	Análisis del potencial ecológico del mezquite.....	96
4.5.	Conclusiones y Discusión .....	99
4.6.	Literatura Citada .....	99

5. ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LAS SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES MUNICIPIO DE CATORCE, SAN LUIS POTOSÍ .....	103
5.1. Resumen .....	103
5.2. Introducción .....	104
5.3. Materiales y Métodos.....	105
5.4. Resultados y Discusión.....	108
5.4.1. Análisis de Correspondencia.....	108
5.4.2. Descripción de las comunidades vegetales .....	110
5.4.3. Análisis de correspondencia canónica .....	124
5.5. Conclusiones .....	128
5.6. Literatura Citada .....	129

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.-Rendimientos y ganancias por cultivo en el municipio de Catorce, S.L.P. en el periodo 2002-2003. ....	22
Cuadro 2.- Costos por hectárea del establecimiento de <i>Lippia graveolens</i> en el SAFM. ....	45
Cuadro 3.- Costos por hectárea del beneficio y comercialización de la hoja de <i>Lippia graveolens</i> en el SAFM. ....	45
Cuadro 4.- Costos por hectárea de la extracción y comercialización de aceite esencial de la hoja de <i>Lippia graveolens</i> . ....	45
Cuadro 5.-Costos por hectárea del beneficio, transformación y comercialización de los tallos de <i>Lippia graveolens</i> . ....	47
Cuadro 6.- Estimación económica de los productos derivados de <i>Lippia graveolens</i> . ....	47
Cuadro 7.- Flujo comercial de los productos derivados de <i>Lippia graveolens</i> . .	47
Cuadro 8.- Costos por hectárea del establecimiento de <i>Ibervillea</i> sp. en el SAFM. ....	51
Cuadro 9.- Costos por hectárea del beneficio y comercialización del wereke. .	52
Cuadro 10.- Estimación económica de los costos de producción, ingreso y utilidad bruta generada por el remedio herbolario de wereke. ....	52
Cuadro 11.- Usos y técnicas de empleo de las 52 especies medicinales registradas en el sitio de investigación. ....	68
Cuadro 12.- Listado de especies medicinales identificadas: nombre científico, nombre común y autor. ....	77
Cuadro 13.- Listado florístico del BE en sitios 5 y 6, de San Cristóbal, Municipio de Catorce, S.L.P.....	85
Cuadro 14.- Valores de importancia para las especies del BE, comunidad San Cristóbal, municipio de Catorce. ....	87
Cuadro 15.- Costos de beneficio, producción y comercialización de 170 kg de harina de mezquite .....	89
Cuadro 16.- Costos de aprovechamiento, producción y comercialización de 84 kg de goma de Mezquite.....	90
Cuadro 17.- Costos de producción y comercialización de carbón de <i>Prosopis</i> sp. ....	91
Cuadro 18.- Costos de aprovechamiento de inflorescencias de <i>Prosopis</i> sp., para la producción de miel. ....	92
Cuadro 19.- Canales de comercialización de los productos de mezquite. ....	93
Cuadro 20.- Análisis de ingreso y utilidad bruta de los productos de mezquite. 93	

Cuadro 21.- Valores de correspondencia entre las especies y los sitios de muestreo para los ejes de ordenación. ....	109
Cuadro 22.- Listado florístico del MDM, en sitios 1 y 2; próximos a la comunidad La Borrega. ....	111
Cuadro 23.- Valores de importancia para las especies del MDM, comunidad La Borrega, municipio de Catorce.....	113
Cuadro 24.- Listado florístico del BE en sitios 5 y 6, de San Cristóbal, Municipio de Catorce, S.L.P.....	116
Cuadro 25.- Valores de importancia para las especies del BE, comunidad San Cristóbal, municipio de Catorce. ....	117
Cuadro 26.- Listado florístico del MDR de la comunidad El Tecolote, municipio de Catorce, S.L.P.....	120
Cuadro 27.- Valores de importancia para las especies del MDR, comunidad El Tecolote, municipio de Catorce.....	123
Cuadro 28.- Resultados del análisis de correspondencia canónica en el que se indican los valores de las raíces características, correlación entre especies - factores ambientales y el porcentaje de varianza explicada por los datos de las especies y las relaciones especie-ambiente, para los ejes de ordenación. ....	125
Cuadro 29.- Matriz de correlación entre variables edáficas y ambientales. ....	125
Cuadro 30.- Matriz de correlación entre los ejes de ordenación y las 10 variables ambientales. ....	126
Cuadro 31.- Listado florístico de especies endémicas (X) e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT 2010, bajo estatus de amenazada (A), sometidas a protección especial (Pr) y en peligro de extinción (P).....	127

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Cambio en la superficie destinada al cultivo de riego (perenes), jitomate invernadero y maíz de temporal. ....	21
Figura 2.- Usos de la flora en poblados del municipio de Catorce, S.L.P. ....	67
Figura 3.- Padecimientos registrados mediante las entrevistas semiestructuradas y número de especies empleadas para atender cada una de estas afecciones. ....	74
Figura 4.- Comunidades de mezquite de mezquite, municipio de Catorce, S.L.P. ....	87
Figura 5.- Tipos de vegetación y sitios de muestreados en el municipio de Catorce, S.L.P. ....	106
Figura 6.- Dendrograma que muestra relaciones jerárquicas entre sitios muestreados. ....	109
Figura 7.- Diagrama de ordenación indirecta, ubicación de sitios de muestreo en el espacio de ordenación. ....	110
Figura 8.- Especies del MDM en la comunidad La Borrega, municipio de Catorce, S.L.P. ....	113
Figura 9.- Perfil semi realista del MDM de la comunidad La Borrega. ....	114
Figura 10.- Comunidades de mezquite del municipio de Catorce, SLP. ....	117
Figura 11.- Perfil semi realista del bosque de mezquite comunidad San Cristóbal. ....	118
Figura 12.- Especies del MDR de la comunidad El Tecolote, municipio de Catorce, S.L.P. ....	122
Figura 13.- Figura 7.- Perfil semi realista del MDR de la comunidad El Tecolote. ....	124
Figura 14.- Análisis de correspondencia canónica de los seis sitios de muestreo en las sierras y llanuras occidentales del municipio de Catorce, S.L.P. Se incluyeron un total de 78 plantas vasculares y 10 variables ambientales. Los sitios 1 y 2 corresponden al MDM, los sitios 3 y 4 al MDR y los sitios 5 y 6 al BE. ....	127

## DEDICATORIA

Esta labor de investigación se la dedico a todos y cada uno de los integrantes de mi familia; especialmente las mujeres que han guiado mi caminar: Se la dedico a esa mujer a la que nunca le faltan las flores y las veladoras, que me ha llenado de amor y apapachos desde mi nacimiento y de quien aprendí a amar las plantas; le ofrezco esta obra con mucho amor a la mujer que ha sido mi maestra en los libros y en la vida, mi ejemplo, mi fuerza y corazón, mujer que me **dio a luz** y que puso su vida en otras vidas, construyendo una existencia hermosa para mi hermana y para mí; a la menor de estas mujeres antes aludidas le brindo esta labor con gran amor, pues siempre crecimos jugando y peleando, siempre juntos, tú existencia me hace sentir afortunado y acompañando donde quiera que me encuentre, aun estando lejos y solo. Con especial cariño le dedico esta labor a una mujer ejemplo, que me inspira y a quien le agradezco en el corazón el abrirme las puertas a su hogar, su familia y su persona, tú que gustas de las mariposas y el pan, las flores y la medicina, aprendo mucho de ustedes, aprendo mucho de mí, gracias a toda su familia, los Reyes Hernández.

Al hombre que me enseñó amar la tierra le dedico esta obra y mi caminar, tú me mostraste con tu ejemplo a andar solo en el mundo, pero sin soledad, a concretar los sueños y disfrutar siempre la luna, el sol, la lluvia y el viento, porque fue por ti y para ti, que busque aquí en Chapingo; porque anhelaba comprender ese gran amor que siempre mostraste al campo, porque deseaba encontrarte en cada libro, cada recorrido de campo, en cada planta y en cada clase, deseaba reconocerte en todo ello y regresar al pie de tu mecedora a platicarte que encontré, pero fue exactamente el día que aquí llegué, el día que tú te fuiste.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento brindado durante la estancia en la Maestría. Al posgrado en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; a mis maestros y compañeros del programa.

Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo, director en esta labor de investigación, por su maravilloso acompañamiento, asesoramiento y dedicación en el desarrollo de esta investigación; por su inigualable calidad docente y humana que comparte con nosotros, sus afortunados alumnos.

Dr. Diódoro Granados Sánchez, por la inspiración y gran contribución brindada a esta investigación a través de su codirección y de su trayectoria académica en zonas áridas y semiáridas de nuestro México.

Dr. Miguel Uribe Gómez, por su compromiso en el acompañamiento como docente y asesor de esta labor de formación académica, intelectual y personal.

M.C. Ro Linx Granados Victorino por su desinteresado e importante estímulo al crecimiento intelectual y personal de este maestrante, por su amplia contribución y su intención de mejorar el quehacer de esta investigación.

## DATOS BIOGRÁFICOS

### Datos Personales

Nombre: Cándido Díaz Reyes

Fecha de Nacimiento: marzo 08 1993.

Lugar de Nacimiento: Ciudad de México.

CURP: DIRC930308HDFZYN06

Profesión: Ingeniero Biotecnólogo.

Cédula Profesional: 10235593



### Desarrollo Académico

Preparatoria: Centro de Bachillerato Tecnológico e Industrial y de Servicios No.1.

Licenciatura: Universidad Politécnica de Zacatecas.

## RESUMEN GENERAL

### Agroforestería en zona árida, cultivo y conservación de la flora medicinal de San Luis Potosí

La herencia de diversidad biológica y cultural de México ha sido hilvanada en un tejido social que representa un vínculo existente entre el hombre y la naturaleza; expresado en una cultura que desde su origen ha visualizado a la flora como un bien de carácter alimenticio, medicinal, ornamental y simbólico y/o religioso. Este legado representa un privilegio y una ventaja estratégica frente al actual auge global del aprovechamiento de las plantas medicinales. El objetivo de esta investigación fue hibridar la salud del ecosistema, salud económica y salud humana en un diseño agroforestal con enfoque sostenible, basado en hábitos de crecimiento de las especies, su importancia ecológica, económica y cultural, en las Sierras y Llanuras Occidentales del municipio de Catorce en San Luis Potosí, México. El diseño implicó realizar una ordenación de la vegetación a lo largo de gradientes ambientales para poder identificar las posibles relaciones existentes entre las especies, los sitios y el ambiente; se realizó una investigación etnobotánica mediante entrevistas semiestructuradas acerca de los usos de las especies y finalmente se realizó un análisis económico de las especies con potencial agromedicinal. Se identificaron tres tipos de comunidades vegetales distribuidas en el sitio de investigación, así como los factores físicos (indirectos) que podrían explicar el cambio en la estructura y composición de las asociaciones de plantas; cuatro especies con potencial terapéutico y económico fueron elegidas para el diseño agroforestal. La riqueza de cactáceas en los diferentes gradientes ambientales es alta, así como el grado de endemismo. Los elementos culturales que circunscriben esta área natural protegida (*Sitio Sagrado Natural*) Wirikuta, confieren gran potencial para el cultivo, aprovechamiento y conservación de la flora medicinal nativa a partir de estrategias agromedicinales.

**Palabras clave:** ordenación de vegetación, planta medicinal, Wirikuta.

---

Tesis de Maestría en Ciencias.

Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.  
Universidad Autónoma Chapingo, México.

Autor: Cándido Díaz Reyes

Supervisor de Tesis: Dante Arturo Rodríguez Trejo

## GENERAL ABSTRACT

### Agroforestry in arid zone, cultivation and conservation of the medicinal flora of San Luis Potosí

Mexico's heritage of biological and cultural diversity has been appropriated into a social fabric that represents an existing link between man and nature; expressed in a culture that from its origin has visualized the flora as a food, medicinal, ornamental and symbolic and/or religious good. This legacy represents a privilege and a strategic advantage in the face of the current global boom in the use of medicinal plants. The objective of this research was to hybridize the health of the ecosystem, economic health and human health in an agroforestry design with sustainable approach, based on habits of growth of the species, their ecological, economic and cultural importance, in the subprovince Sierras y Llanuras Occidentales in the municipality of Catorce, San Luis Potosí, Mexico.

The design involved an ordering of the vegetation along environmental gradients in order to identify the possible relationships between the species, the sites and the environment; an ethnobotanical investigation was carried out through semi-structured interviews about the uses of the species and finally an economic analysis of the species with agromedicinal potential was carried out. Three types of plant communities distributed in the research site were identified, as well as the physical (indirect) factors that could explain the change in the structure and composition of the plant associations; Four species with therapeutic and economic potential were chosen for the agroforestry design. The richness of cacti in the different environmental gradients is high, as well as the degree of endemism. The cultural elements that circumscribe this protected natural area (Sacred Natural Site) Wirikuta confer great potential for the cultivation, use and conservation of the native medicinal flora from agromedicinal strategies.

**Key words:** ordination of vegetation, arid zones, Wirikuta.

---

Thesis, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.  
Universidad Autónoma Chapingo, México.

Author: Cándido Díaz Reyes

Advisor: Dante Arturo Rodríguez Trejo

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La flora medicinal de México representa un recurso fitogenético en auge, visualizado como fuente generadora de beneficios económicos en diversas esferas sociales; el uso de planta medicinal es una expresión cultural de nuestro pueblo desde su origen, por lo que su cultivo y conservación se articula con la herencia biológica y cultural de nuestro país.

La biodiversidad en nuestro país esta hibridada a la diversidad cultural, México, por ejemplo, es uno de los centros de origen de la agricultura y domesticación de especies fundamentales para la economía y vida humana, y es punto de referencia en el mundo por el profuso conocimiento ancestral del uso medicinal de la flora. La interdependencia entre diversidad biológica y diversidad cultural confieren a México grandes oportunidades para el desarrollo rural sostenible.

Gran parte de la biodiversidad es exclusiva de nuestra nación, lo que simboliza un privilegio y responsabilidad ante el mundo; la dimensión de la flora fanerogámica de nuestro país se estima en 220 familias, cerca de 2,410 géneros que corresponden a 22,000 especies (Rzedowski, 1994), considerándose dentro de las cinco naciones con mayor número de especies de flora en el mundo. No obstante, en nuestro territorio se extiende 60% del desierto más grande del continente americano, el Desierto Chihuahuense (DC), ecorregión ubicada en una planicie triangular, al norte de México entre la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, la cual se prolonga hacia Nuevo México y Texas.

La región del DC es sobresaliente por tener la mayor diversidad de cactáceas del planeta, siendo esta familia de plantas la más amenazada en la ecorregión. Se estima que en el DC existen 324 especies de cactáceas, 30% de las que hay en el planeta, la mayoría son endémicas (Rzedowski, 1994), reconociéndose a San Luis Potosí (SLP) como el estado con mayor diversidad de especies, con 151 (Serra, 2011). Del total de 826 taxones registrados en el DC, 560 (67.8%) son endémicos, 165 (20%) cuasi-endémicos y 176 (21.6%) micro-endémicos (Villarreal, 2017). Con 17 géneros de cactus (43.6%) y 229 especies (70%) restringidas geográficamente al DC, se confirma que la tasa de endemismo en esta región es sobresaliente

(Hernández, 2004).

En lo que respecta a la riqueza de cactáceas y endemismo, el estado de San Luis Potosí (SLP) es el más importante, debido a que el número total de especies de cactus en el estado es de 141 especies (44% de especies de todo el DC) y el número de especies endémicas del estado es 17 (Hunt, 1999).

El endemismo vegetal en nuestro país se concentra en el matorral xerófilo y los bosques de coníferas hábitats que acogen al 60% de las especies endémicas de nuestro país (CONABIO, 2005), sin embargo, los detalles cuantitativos sobre los servicios ambientales de zonas áridas no son bien conocidos, a pesar de ello no existe duda del potencial económico que estas superficies representan.

Y es precisamente, la planta medicinal uno de los potenciales económicos en zonas áridas, debido a que, en estas superficies, de manera silvestre se desarrollan plantas con potencial terapéutico, en virtud de que el estrés hídrico y las condiciones ecofisiográficas detonan la activación del metabolismo secundario en la planta, confiriéndole un efecto medicinal *sui generis* (Bruneton, 2001).

La producción de flora medicinal se visualiza como una práctica que hibrida dinámicas de carácter agronómico, climático, histórico, cultural, económico, ecológico y geográfico, lo cual hilvana con la tendencia agroforestal actual de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema agroforestal medicinal (SAFM) con especies nativas, en el límite norte de una superficie que ha sido declarada “red mundial de sitios sagrados naturales de la UNESCO” desde el año 1998 y área natural protegida (ANP) desde el año 2000, en la categoría de “Sitio Sagrado Natural”, debido a su gran riqueza biológica y cultural.

El diseño implicó realizar una ordenación de la vegetación a lo largo de gradientes ambientales para identificar las posibles relaciones existentes entre los sitios, la vegetación y el ambiente; se realizó una investigación etnobotánica mediante entrevistas semiestructuradas sobre los usos de las especies, y finalmente se realizó un análisis económico de las especies con potencial agroforestal-medicinal.

Se identificaron tres tipos de comunidades vegetales distribuidas en el sitio de investigación, así como los factores físicos (indirectos) que podrían explicar el cambio en la estructura y composición de las asociaciones de plantas; cuatro especies con potencial terapéutico y económico fueron elegidas para el diseño agroforestal. La riqueza de cactáceas en los diferentes gradientes ambientales es alta, así como el grado de endemismo. Los elementos culturales que circunscriben esta área natural protegida (Sitio Sagrado Natural) Wirikuta, confieren gran potencial para el cultivo, aprovechamiento y conservación de la flora medicinal nativa a partir de estrategias agromedicinales.

Otro escenario que otorga justificación social al diseño agroforestal en el sitio es el antagonismo existente entre la gran riqueza biocultural y la gran pobreza persistente en el 69% de la población (CONEVAL, 2019), puesto que en este contexto se presenta un área de oportunidad para aprovechar un recurso local sobre el cual se ha mantenido un desprecio.

Un proceso emblemático de este desprecio a los recursos locales, lo encontramos en el cambio en las estrategias agrícolas dentro del municipio; de 1997 al 2006 el cultivo de jitomate en invernadero ha incrementado de 15 ha a 126 ha y por el contrario el cultivo de maíz de temporal disminuyó de 152 a 15 ha SEGAM (2008). La dependencia tecnológica, económica e hídrica que genera este cultivo, además de la ovia degradación ambiental, es foco de reflexión sobre la tendencia de desarrollo delineada en esta ANP.

Estas vicisitudes del sitio registradas a través del tiempo, tienen que ver más con una cuestión de enfoque, que con una cuestión de posibilidades. Por ejemplo, el municipio ostenta grandes superficies con nulo aprovechamiento (84%) y es catalogado como un sitio “*no apto*” o “*poco apto*” para las actividades agrícolas, la agricultura de temporal que se practica en el sitio es básicamente de subsistencia y los cultivos que cuentan con riego han demeritado los niveles estáticos en las zonas geohidrológicas Valle Vanegas-Catorce (disminuyó 10 metros) y Cedral-Matehuala (disminuyó 50 metros) en este anteriormente citado periodo de nueve años de “*desarrollo agrícola*”.

Sin embargo, en el pasado nos recuerda el espectro de posibilidades latentes en cada una de las entidades biológicas de este “Sitio Sagrado Natural”, desde el desarrollo de los pueblos originarios y su cultura, la colonización y expansión >>agro-minera<<, hasta el desarrollo de la sociedad contemporánea.

La investigación en las comunidades florísticas de las Sierras y Llanuras Occidentales aborda cuatro capítulos, en el primer capítulo, que ahora mismo está leyendo, se desarrolla la introducción general del documento de tesis, la cual incorpora antecedentes, justificación y objetivos de la investigación; el capítulo segundo se aboca a la revisión de literatura, con la intención de ofrecer un panorama histórico sobre la distribución, composición, aprovechamiento y significados de la flora en el altiplano potosino-zacatecano, también se plasma el quehacer de la investigación etnobotánica en la planeación del diseño y finalmente se presentan algunas especies con potencial agromedicinal con fundamentos científicos y culturales. Se encuentra respectivamente en los siguientes capítulos (3, 4 y 5), los artículos derivados de la investigación, el primer artículo presenta los diversos usos que tiene la flora del desierto, con un sesgo intencional sobre los usos medicinales y alimenticios; el segundo artículo muestra el potencial agroforestal de *Prosopis* sp. o mezquite, desde una perspectiva ecológica, económica, cultural y social. En el último artículo es posible conocer los tipos de comunidades vegetales encontradas en el sitio de investigación, así como los pormenores de su estructura y composición, riqueza de especies y grado de endemismo en cada asociación vegetal; además se presentan los factores físicos (indirectos) responsables del cambio y distribución de la vegetación a lo largo del sitio estudiado.

El presente proyecto vinculó conocimientos de distintas áreas del saber, con la intención de diseñar un sistema agroforestal medicinal con atributos socioambientalmente aceptables, delineando como directriz la adaptación de nuestras necesidades al medio ecológico, permitiendo a los campesinos aprovechar, cultivar y conservar los recursos genéticos de este sitio sagrado natural, con viabilidad económica y ecológica.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Comunidades Vegetales

Una comunidad está conformada por conjuntos de poblaciones de organismos que interactúan en un área y en un tiempo definido (Rocha, 2006). En el caso específico de una comunidad vegetal, está conformada por una asociación de especies vegetales con una afinidad explícita entre ellas. En términos generales, el estudio de las comunidades vegetales se enfoca en las relaciones taxonómico-estructurales y funcionales entre sus componentes, así como a la cuantificación de su variación en el tiempo y en el espacio (Granados, 2011). Una comunidad vegetal no puede considerarse como una unidad cerrada, pues las comunidades vegetales están ligadas a la fauna por innumerables interacciones, formando en conjunto una comunidad más amplia. Sin embargo, las especies vegetales están “fijas”, mientras que los animales están menos arraigados a determinado lugar, por lo tanto, dependen menos de la influencia de un ambiente específico que la vegetación; al ser la vida animal dependiente directa o indirecta de las plantas, las comunidades animales deben acomodarse dentro de los marcos fijos de las comunidades vegetales. El manejo de la flora silvestre se vuelve más sencillo si se conocen con detalle las comunidades vegetales (Blanquet, 2015).

La sinecología es la disciplina que se encarga de estudiar la estructura, desarrollo, función y las causas de la distribución de las comunidades vegetales (Silva, 1994). Los estudios sinecológicos se interesan en encontrar las especies que regulan primordialmente el sistema de la comunidad, lo que significa que dichas especies son las que ejercen mayor dominio sobre las demás plantas ahí presentes (Granados, 2011).

La dominancia es un parámetro fundamental en las caracterizaciones fisionómicas de la vegetación. Comúnmente se han establecido tres elementos para detectar la dominancia; densidad (número de individuos por unidad de área), distribución, que es la forma en que se encuentra una especie repartida en la comunidad (se estima combinando la densidad y frecuencia de las especies) y la biomasa de los individuos

(calculada por medio de parámetros como volumen de madera, diámetro del tronco, altura del árbol, principalmente) (Matteucci, 1982).

## **2.2. Análisis Estadístico**

Las representaciones gráficas son herramientas básicas en la caracterización de tipos de vegetación poco conocida, permiten una representación general de las condiciones en las que se desarrolla una comunidad vegetal. Los diagramas de perfil son ilustraciones esquemáticas donde se describe la estratificación de la comunidad. Los perfiles semi realistas fueron planteados inicialmente por Davis y Richards en 1934, para describir zonas tropicales.

El término análisis multivariado se utiliza para describir algunos tipos de análisis estadísticos que estudian al conjunto de relaciones entre variables con datos que presentan o no auto correlación e incluyen métodos como regresión múltiple, análisis de agrupamiento, análisis de componentes principales, análisis de correspondencia, análisis factorial y análisis discriminante, entre otros (Giménez, 2003).

## **2.3. Antecedentes**

### **2.3.1. Antecedentes de Conservación del “Sitio Sagrado Natural”**

En 1989 se emitió la primera solicitud para intervenir el área natural de Wirikuta por parte de la etnia Wixarika (huichol), quienes solicitaron al gobierno federal proteger los sitios y caminos sagrados de la cultura Huichol, así como entidades biológicas consideradas sagradas en su cosmovisión. El 19 de septiembre de 1994 el estado de San Luis Potosí emitió un decreto de protección al sitio natural, categorizándolo como “Sitio de patrimonio histórico, cultural y zona sujeta a conservación ecológica”. El decreto incluyó un polígono de 73,000 ha en los municipios de Catorce, Charcas y Villa de Ramos (SEGAM, 2008).

En el año 2000, el gobierno estatal publica en la edición ordinaria 129, en el sumario del periódico oficial del gobierno del estado libre y soberano de San Luis Potosí, una declaratoria. En ella se destinaba el área que albergaba los sitios sagrados y ruta

Wixarika a sometimiento de “Área de Reserva Estatal”. Ocho meses más tarde se modificó la declaratoria confirmando al sitio la categoría de “Sitio Sagrado Natural”; esta modificación integró además a los municipios de Villa de Guadalupe, Charcas, Salinas de Hidalgo al polígono sometido a conservación. Esta alteración en el polígono conformó una superficie total de 140 211.8 ha, correspondientes al sitio natural, y 138.7 km de ruta histórica.

Hacia 2007 la SEGAM confía el plan de manejo del sitio sagrado natural Wirikuta a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), trabajo que exhibe la necesidad de integrar al polígono de protección del área natural sitios de importancia ecológico-cultural. En este año la UASLP convoca al “Primer Encuentro Interinstitucional de la Red de Investigación del Sitio Sagrado Natural Wirikuta”, con el objeto de generar un espacio de diálogo de saberes entre la comunidad Wixarika, la comunidad científica involucrada en el tema de la conservación de Wirikuta y dependencias gubernamentales. Se estableció como directriz edificar un marco conceptual, operativo y administrativo para promover el desarrollo de proyectos interinstitucionales.

En octubre 15 del 2012 la Secretaría de Gobernación puso a disposición el estudio realizado para justificar la expedición del decreto por el que se pretende declarar como área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera, a la zona conocida como Wirikuta, con una superficie de 191,504.363958 hectáreas; sin embargo, esta intención no ha sido concretada aún.

### **Antecedentes de la flora en el altiplano**

Las primeras investigaciones en la flora del altiplano potosino-zacatecano datan de 1560; momento en el que se gestó “*La Guerra Chichimeca*”, escenario bélico que generaría en los colonizadores la necesidad de indagar la distribución de sus enemigos. La localización de estos “*indios chichimecas o guachichiles*” en la región, estaba influenciada por los recursos florísticos del desierto, hecho que detonó la investigación en las diferentes comunidades vegetales del altiplano. Estos registros fueron documentados en la “Información acerca de la rebelión de los indios zacatecos y guachichiles a pedimento de Pedro Ahumada Sámano” en 1562 (Philip,

1977).

El historiador estadounidense Philip Wayne Powell (1913-1987) especialista en la investigación de la colonización en las zonas áridas en el norte de México, a través de sus textos (Philip, 1977), describe la relación que los nativos de esta zona edificaron a lo largo de las diferentes comunidades vegetales incluyendo la actual Sierra de Catorce. El escritor relata las intenciones de las expediciones coloniales cuya directriz fue conocer las estrategias de supervivencia, recursos y refugios de indios enemigos para posteriormente “*limitar*” sus recursos y su rebelión, y de esta manera despojarlos de las superficies con ricos yacimientos de plata. A partir de esta década comienza el registro de la estructura floral en el área de investigación, motivada por el auge minero que Real del Catorce y numerosos sitios aledaños atestiguaron.

La explotación metalúrgica del >>*México Borbónico*<< ha constituido el máximo agente de desertificación en el área de estudio, con base en registros y en palabras del comisionado virreinal y fundador de Real del Catorce, Silvestre López Portillo, quien en 1799 escribiría en sus registros (Velázquez, 1897).

*“[Había] maderas de todos tamaños, en unas partes de pino y en otras de encinas (...) por lo que es muy abundante en leñas (...) Siguiendo en su descenso al río encontramos un monte impenetrable de encinas y pinos de tan imponderable corpulencia, (...) que llegan a equipararse con los montes”*

Cinco décadas más tarde el escenario antes descrito habría sufrido una revolución ecológica de gran importancia. La intensa extracción de maderables, llegó al grado de desertificar el área del altiplano correspondiente a la sierra de catorce. En el último decalustro del virreinato operaron cuatro centros mineros principales en el altiplano: Villa de la Paz, La Maroma, El Potrero y Real del Catorce, sin embargo, en la región se beneficiaron más de cien minas y cincuenta y seis haciendas (SEGAM, 2008).

El diplomático, político y administrador colonial Henry George Ward escribe en el

texto “México en 1827” el escenario de Real del Catorce en ese año (Ward, 1985):

*“No se ve ni un solo árbol, ni una sola hoja de hierba en las cercanías; y sin embargo hace cincuenta años todo el distrito estaba cubierto de bosques (...) Bosques enteros se quemaron para desmontar el terreno.*

En 1772 se encontró el yacimiento “La Descubridora” en Real del Catorce, en 1827 Ward relata el deterioro ambiental de los bosques de la Sierra de Catorce, es decir en un periodo de sólo 55 años, los bosques de pino, encino y piñonero del altiplano fueron convertidos en un área desertificada y contaminada. En la fauna importantes desapariciones como la del berrendo, fueron registradas por Henry George Ward en la descripción de miles de ejemplares depredados en el sitio.

De acuerdo a Montejano (1993), para el año de 1825 “*no quedaba ni un árbol ni matorral*” en el área. En su obra cita las memorias de cronistas durante el auge minero de Real, relatos que describen los poblados de Real del Catorce y Matehuala, cuando ya era muy difícil tarea el encontrar maderables que pudieran abastecer las chacuacas mineras. Es así que para 1827 el poblado minero de Real del Catorce se expandía en una superficie desertificada, contaminada, heterogénea y escasa en recursos dendroenergéticos, escenario análogo a las condiciones actuales.

Posterior a estos registros y de acuerdo la literatura, las investigaciones sistemáticas pioneras en zonas áridas y semiáridas del Norte de México, son las expediciones científicas mexicanas que iniciaron en noviembre de 1827, realizadas en el sur de Estados Unidos y norte de México. Expedición que consolidó colectas botánicas a partir de febrero de 1828. En 1830 Jean Louis Berlandier, biólogo y botánico en estas expediciones, publica su obra “*The Indians of Texas in 1830*”, en la cual describe las comunidades vegetales de las regiones áridas del norte de México.

Durante la primera mitad del siglo XIX aportaciones botánicas de gran relevancia fueron realizadas por autores como Cyrus Longworth Lundell, en su obra “*Flora of Texas*” (Lundell, 1969). Posteriormente Ivan Murray, fundador del Instituto Botánico

Matuda, publica “Las Plantas Mexicanas del Género *Yucca*” (Matuda, 1980), obra que contribuye al conocimiento de la estructura de las comunidades florísticas del norte de México. En 1923, “*Diagnoses and notes relating to the Spermatophytes chiefly of North America*”, del estadounidense Ivan Murray Johnston, de la universidad de Harvard, contribuye a la caracterización vegetal en el desierto chihuahuense.

Posteriormente, el botánico Efraím Hernández-Xolocotzi (1985), contribuye ampliamente en la caracterización de la flora y agroecosistemas del desierto chihuahuense con sus varias investigaciones en zonas áridas y semiáridas. En la segunda mitad del siglo pasado el botánico de origen polaco Rzedowski (1994), realizó aportes relevantes enriqueciendo el conocimiento de la composición, estructura y distribución florística del semiárido altiplano potosino, estos dos últimos autores representan la base de sistematización de grupos taxonómicos en la porción mexicana del desierto chihuahuense.

### **2.3.2. Antecedentes Histórico-Culturales del Altiplano Potosino**

El Sitio Sagrado Natural hospedó a la etnia Guachichil, la tribu más numerosa de la comunidad Chichimeca, cuya superficie habitada era la más extensa: desde Saltillo hasta Querétaro y desde la Sierra Madre Oriental hasta Zacatecas. Este pueblo habitó el área a partir del siglo XII y desapareció a principios del siglo XVII (Cruz, 2003). El nombre “Guachichil”, que les dieron los mexicanos, significa “cabezas pintadas de rojo”.

Varias características importantes de los Guachichiles les distinguieron de las otras naciones chichimecas, su gran número y la amplia extensión territorial de composición montañosa y árida, peculiaridades que dificultaron la colonización. Eran más avanzados que la mayoría de las demás naciones en la creación de artefactos bélicos, se tenían informes de antropofagia y tortura de los cautivos, lo que les ganó reputación entre los españoles.

A los Guachichiles usualmente se les encontraba desnudos, únicamente las mujeres usaban un ceñidor de cuero. Eran excelentes fabricantes de arcos y

flechas, hábiles en supervivencia debido al gran conocimiento de los recursos naturales de sus territorios. Habitaban en cuevas naturales, grietas y refugios en terrenos escarpados, principalmente en zonas montañosas. De entre las naciones Chichimecas, los Guachichiles fueron tildados como “*los más valientes, belicosos, aguerridos, numerosos y crueles*”; en la obra “*Chichimecas, Misioneros, Soldados y Terratenientes: Estrategias de Colonización, Control y Poder en Querétaro y la Sierra Gorda, Siglos XVI-XVIII*” (Cruz, 2003), se redactan algunas estrategias de sometimiento implementadas en la guerra Chichimeca. Entre ellas se ubica el registro realizado por colonizadores acerca del aprovechamiento de los recursos naturales por parte de las naciones Chichimecas, con el objetivo de poder “*limitar*” los recursos que les permitían sustentar su rebelión.

Gracias a diversos registros exhibidos en las relaciones de Pedro Ahumada, “Recolectores”, se tienen descripciones de la íntima relación de los “*guerreros del norte*” con las comunidades vegetales en las zonas áridas y semiáridas del norte de México. De acuerdo con estas múltiples compilaciones y caracterizaciones actuales en el área, se sabe que en temporada seca los Guachichiles se trasladaban a la cercanía de los oasis; mientras que en temporada de lluvias se adentraban en el matorral crasicaule, para aprovechar los recursos propios de la estación (tunas, biznagas, nopales y frutos). Sus dinámicas trashumantes concurren en el matorral desértico microfilo, sitio en el que obtenían productos como aguamiel, quiotes de agaves, dátiles, cabuches, tunas, flores, textiles, materiales de construcción y medicinales entre otros productos. También el matorral desértico rosetófilo formó parte de su territorio en el que obtenían aguamieles, biznagas, tunas, dátiles, agaves, sotoles. Incluso se describe su presencia en bosque de pino piñonero en pie de monte de la SC (San Antonio de Coronados y Santa María), sitio abundante en recursos de flora, fauna y agua (Cruz, 2003).

Guy documenta el aprovechamiento de los recursos disponibles para los nómadas en bosques espinosos caducifolios ubicados en la porción suroeste de su territorio (Stresser-Péan, 2005), dentro de estos recursos vegetales y animales el literato refiere flora como Mezquite (*Prosopis* sp.), Huizache (*Acacia farnesiana*), Gavia

(*Acacia unijuga*), Palma (*Sabal mexicana*), Cornizuelo (*Acacia cornigera*), Jacube (*Acanthocereus pentagonus*). Entre la fauna refiere jaguares (*Panthera onca*), jaguarundis (*Puma yagouaroundi*), pumas (*Puma concolor*), ocelotes (*Leopardus pardalis*), gatos montés (*Felis silvestris*), tigrillos (*Leopardus tigrinus*), venados (*Antilocapra americana*), puercos espín (*Hystrix cristata*), jabalíes (*Sus scrofa*), armadillos (*Dasypodidae*), coatís (*Nasua*), pecarís (*Tayassuidae*), tlacuaches (*Didelphis marsupialis*), mapaches (*Procyon lotor*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), guajolotes (*Meleagris*), chachalacas (*Ortalis*), codornices (*Coturnix coturnix*), loros (*Psittacoidea*), águilas (*Aquila nipalensis*), garzas (*Ardeidae*), perdices (*Alectoris rufa*), guacamayas (*Ara*), patos (*Anatidae*), iguanas (*Iguanidae*), serpientes (*Serpentes*), lagartijas (*Psammotromus hispanicus*), ranas (*Anura*), lagartos (*Lacertilia*), tortugas (*Testudines*), hormigas (*Formicidae*), abejas (*Anthophila*) y peces (*Pisces sp*), entre otras especies aprovechadas en la antigua Chichimeca.

El aprovechamiento a través del tiempo de la flora y fauna en el sitio ha sido motivo de admiración; el profundo conocimiento edificado y transmitido por los pueblos originarios deriva de su participación en un proceso colectivo de reflexión, hecho que los condujo a un eficiente aprovechamiento de los recursos del desierto, y ello constituye la base del profundo arraigo social al uso medicinal y ritual de la flora y fauna nativa.

Según registros coloniales (Powell, 1975), los Guachichiles fueron reconocidos como un pueblo de cazadores y recolectores, los más nómadas, dinámica que no fue fortuita, sino que obedecía a una cuidadosa planeación dependiente de los ciclos biogeoquímicos. Powell en su texto describe como aspecto que caracterizó a las naciones del desierto, el uso “*medicinal y ritual de las plantas sagradas*”, hecho que generó en los forasteros la necesidad de emprender una campaña de desprestigio y extinción de especies, sus usos y técnicas de empleo, particularmente en rituales bélicos, medicinales y religiosos; prácticas antagónicas a un modelo civilizatorio industrial y homogéneo que desprecia el culto a la naturaleza. Como muestra de este desprecio a la diversidad de paisajes, especies, culturas, comportamientos, actitudes, tecnologías e ideas, tenemos la

argumentación escrita por del obispo de Guadalajara dirigida al arzobispo de México en 1584 en la que se redactó *“se tiene por muy difícil y quasi imposible el fin de pacificar la tierra lo uno porque como estos yndios no tengan poblaciones ni señalados lugares donde auiten por que andan por los campos como venados y donde la noche los coge allí rranchean y tienen tantos malos países peñoles sierras y otras cosas que los defienden sin que ninguna parte de estas aun por ambre ni por sed puedan ser rrendidos porque se sustentan de rrayzes y yerbas mucho tiempo sin otra comida ni veuida no se entiende como puedan ser conquistados porque decir que poco a poco les pueden arruinar tan poco a lugar ansi... las tierras son fértiles y las mas de ellas minas de plata”* (Powell, 1975).

El autor también narra los brotes epidémicos en las naciones Chichimecas derivados del contacto con patógenos desconocidos, traídos por los europeos, deviniendo pandemia que demeritaría su demografía, favoreciendo el avance español y facilitando la ocupación. Gabriel Ortiz de Fuentemayor, *“minero y apaciguador de nómadas”* Permisán (2004), en 1616 escribe al virrey: *“no queda un solo chichimeca de aquellos que originalmente habían poblado San Luis Potosí”*. Powell documenta que, para defenderse de las epidemias, los Guachichiles se refugiaron en los cerros ocupados por plantas espinosas (bosque espinoso).

De acuerdo con la Monografía de los Municipios de México, Matehuala, S.L.P. Cefimslp (2009), el municipio de Matehuala fue fundado por Don Cayetano Medellín, el 10 de junio de 1550. Su toponimia refiere que el vocablo indígena *“MATE-HUAL-LAL”*, *“era el grito de guerra de los indios de la región”* (¡no vengan!). En 1591, se asentaron dos rancherías en dos parajes diferentes, aunque inmediatos: uno era Matehuala y el otro se designaba con el nombre de Ypoa. Ambos pertenecían a indios chichimecas llamados *“negritos”*. En esta región de Matehuala comienzan a formarse durante la primera mitad del siglo XVII los enormes latifundios de las haciendas agrícolas y ganaderas, que con su desarrollo fungieron como avanzadas de la colonización.

El inicio de la minería en el área de investigación de acuerdo con Tristán (1994) es en 1770, año en el que Rogelio de Inchaurreandieta documenta la cata de *“Nuestra*

Señora de La Paz” en Matehuala. Posteriormente, la explotación se ubica en el yacimiento “La Descubridora”, en Real del Catorce, aunque la actividad minera cobra relevancia a partir del año 1778, cuando fue encontrado un yacimiento (La Guadalupe) por el minero Bernabé Antonio de Zepeda (Montejano, 1993).

El Barón A. de Humboldt cataloga a este yacimiento como el descubrimiento más importante en la historia de la minería de la América Española, desde el descubrimiento del yacimiento “Potosí” en Bolivia. El volumen extraído de plata pura en Real del Catorce ascendía al 16% de la producción total de plata mexicana, estimada para el año de 1803 en 92 toneladas (Humboldt, 1978).

De acuerdo con Galeano (1972) la extracción mediante el proceso de amalgama con mercurio que hizo posible la extracción de plata de ley más baja, se comenzó a emplear desde el año 1445 y 1558 en América, a partir del descubrimiento de las minas de Potosí en Bolivia y las minas descubiertas en Zacatecas y Guanajuato en México; la plata extraída a mediados del siglo XVII, representó el 99% de las exportaciones minerales de la América Hispánica.

### **2.3.3. Deterioro ambiental**

La dimensión del deterioro ambiental en el área, debido a la minería, en el periodo comprendido entre 1772 y 1827 (55 años), en la Sierra de Catorce, se resume a continuación (SEGAM, 2008):

- Se desmontaron 118.02 km<sup>2</sup> de bosques para las siguientes actividades: fabricación del carbón vegetal utilizado en la fundición, 85.39 km<sup>2</sup>; consumo de leña en 55 haciendas de beneficio 10.66 km<sup>2</sup>, consumo familiar de leña (412 kg al mes por 10,000 familias), 21.97 km<sup>2</sup>.
- Se utilizaron 10,000 bestias de trabajo (que consumían anualmente, 14,675 t de maíz); se consumieron anualmente 8,000 cueros de novillo, 57.5 t de cebo, que se obtenían de 100,000 cabras, 4,000 carneros y 431 reses para consumo humano, y 16,330 kg de pólvora. Las manadas que abastecían a la región requerían 5,282.5 km<sup>2</sup> de agostaderos.

- Se procesaron 2,256,876 t de mineral. Se liberaron a los ecosistemas 2,000,000 t de jales conteniendo arsénico, plomo, antimonio y plata; 506,587 t de sal común; de 21,000 a 151,712 t de sulfato de cobre; y 5,000 t de mercurio. Todos estos contaminantes quedaron en diversas matrices que aún se encuentran en la región. Con un propósito ilustrativo, es pertinente destacar que entre 1770 y 1799 se liberaron en México 20,118.45 t de mercurio, resultando un promedio anual de 670.61 t; la cantidad asombra cuando se compara con la emisión total de mercurio en el mundo por la quema de combustibles fósiles (principal fuente de contaminación antropogénica), que en 1975 alcanzó 5,000 t (Sepúlveda, 2007).

Esta porción del desierto ha sufrido un deterioro persistente en múltiples dimensiones, especialmente de su flora; su distribución, sus significados y el conocimiento generado a su alrededor, debido al que de constituir un objeto alimenticio, medicinal y ritual, la flora del nuevo territorio arrebatado se convirtió en el objeto que permitía sustentar la rebelión de los >>*indios chichimecas*<<, fue uno de los varios combustibles (hombres, plantas, animales, tierra, agua) consumidos en los complejos mineros e hizo posible la extracción de la plata que además de estimular la economía europea, financio el exterminio de los habitantes, la flora y la fauna del sitio.

La particularmente evidente erosión del suelo, debido a la naturaleza de las actividades económicas del pasado, exhibe la necesidad de restaurar y conservar los recursos naturales persistentes, ya que la degradación subsiste y se ha incrementado a través de una minería, agricultura y tecnología más sofisticadas que incrementan el ritmo de depredación.

#### **2.4. Flora medicinal**

El término medicina tradicional o popular se expuso principalmente mediante la antropología y sociología, ante la necesidad de denominar al conjunto de conceptos, prácticas y recursos empleados por la cultura de una comunidad que se encuentra al margen, en interacción o contrapuesto a la medicina universitaria e institucional (Casillas, 1990). De manera que un sistema terapéutico de esta naturaleza se

compone por un sistema de ideas y técnicas que responden a la cultura de un tejido social.

En este contexto es necesario considerar que la medicina popular es un fenómeno social, debido a la participación en un proceso colectivo que dio origen, desarrollo, profilaxis y evolución a un conjunto de objetos que confirieron al hombre la posibilidad de restaurar y conservar su salud. De manera que el sistema terapéutico de flora medicinal es el resultado de un espacio creado, en el cual se han tejido significaciones, ha sido enriquecido por la cultura, experimentación, recursos, capacidades, racionalidades, necesidades, y viceversa, la medicina popular ha dinamizado nuestro espacio-tiempo.

De acuerdo con Dágner (2011) la cultura es la trama de significaciones creadas en el tiempo, ellas constituyen elementos identitarios del proceso histórico de relación con el entorno, por lo que los actores se reconocen e identifican en ellas.

En este tenor la investigación de la flora como recurso terapéutico demanda una indagación en diversas áreas del conocimiento, para poder construir una visión integral de este recurso a través de las diferentes escalas del espacio-tiempo, revalorizando los distintos ritmos de los procesos (y su conexión entre ellos) que gestaron este fenómeno social. Tal como describe Paul Hersch Martínez la flora útil empleada en el saber popular ostenta una racionalidad que trasciende la bioprospección actual, la cual es unidireccional, prospección que abreva de la diversidad pero que se proyecta en dirección contraria (Hersch, 2015).

Con el fin de comprender y reapropiar a la flora curativa es trascendental adquirir una cultura o "*conciencia evolutiva*", es decir, restablecer nuestra capacidad que tenemos de recordar y percibir el tiempo en toda su profundidad. Ello permite que, al defender, restaurar, cultivar, emplear, promover y conservar la flora curativa, nos reconozcamos como un vínculo entre diversos procesos históricos, y la constelación de ideas y técnicas subyacentes de su empleo como recurso medicinal. Este mecanismo de construir, transmitir y aplicar el conocimiento científico, vuelca su interés sobre los recursos naturales locales, mediante la creación de aparatos de

uso conservacionista del entorno, respetando los diversos procesos (geológicos, orgánicos, climáticos y sociales) que originaron esta *>oferta natural<*.

El conocimiento generado alrededor de una planta medicinal es interdependiente del proceso de construcción del concepto de salud-enfermedad; la Organización Mundial de la Salud (OMS) por ejemplo, define la salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. De modo que el concepto de salud-enfermedad difiere entre sociedades o culturas, debido a que el bienestar físico, mental y social incluye componentes biológico-estéticos, psicológicos, de comportamiento, un sistema de valores y conductas configurado por una sociedad determinada y aquellos elementos que sustentan la satisfacción social, la cual es única en cada cultura.

De esta manera los actores del tejido se identifican y relacionan entre sí en su cultura, es decir, la forma que han creado a partir de su participación en la apreciación de la vida, en la construcción del espacio, por lo mismo lo apropian y transforman. La cultura entonces da sentido a la arquitectura del universo natural, es la razón de ser y sustento del espacio construido; carga el espacio de significado en el continuo habitar y transformar, mantiene vigente al espacio creado.

En este orden de ideas, el diseño del SAFM implica adoptar una cultura evolutiva, revalorizando la biodiversidad, integrando especies nativas locales, cuyo potencial agromedicinal deviene del conocimiento popular, que se vincula a la cultura de un pueblo, a su intención y participación en la construcción del espacio y su conocimiento alrededor de la flora, con el objetivo de reapropiarse de su historia, conocimiento, espacio, procesos y la significación de ellos, proyectándolo en una alternativa económica, induciendo al cambio y la continuidad.

Comprendiendo que el estado de conservación actual de este *Sitio Sagrado Natural* es resultado de diferentes procesos, y la hibridación de la diversidad biológica y cultural. Esta interdependencia de elementos biológicos y sociales ha sobrevivido a la erosión, en un tejido común que hilvana la relación entre la naturaleza y lo sagrado, apreciado en los componentes biológicos, físicos, culturales y simbólicos de la sociedad.

## 2.5. Escenario Socioeconómico del Municipio de Catorce, SLP

El ideal del sistema de áreas naturales protegidas es la protección, conservación y restauración de los sistemas naturales. La reserva “Wirikuta” en particular se justifica en la gran riqueza total de especies, grado de endemismo, especies de distribución restringida y otras en riesgo. Ecosistemas diversos, de distribución restringida y los servicios ecológicos principalmente la conservación in situ de acervos genéticos endémicos domesticados y silvestres; finalmente, de acuerdo a SEMARNAT (2012) el componente que adquiere un papel protagónico en el quehacer de la conservación en el sitio, es la gran viabilidad social articulada en una amplia gama de actores de diversas esferas sociales vinculadas en su preservación.

Tal como lo expresa el Periódico Oficial del Estado Libre y Soberano de San Luís Potosí (SLP) 2009 en el capítulo II de las declaratorias para el establecimiento de áreas naturales protegidas, artículo 35, VII modalidad Sitios Sagrados Naturales:

*“Son aquellas áreas naturales en las que se conjugan valores de importancia para la conservación de la biodiversidad y espacio sagrado donde la realidad es vista y percibida, desde lo **mágico, espiritual y natural**, en esos espacios se realizan manifestaciones, visitas, prácticas y ceremonias rituales de los mismos pueblos.”*

En este contexto es imponte reflexionar acerca del rol que la oralidad ha desempeñado en la configuración del espacio, al constituir el medio de transmisión de la información en los habitantes originarios en esta área de investigación, ya que este proceso social ha influenciado su medio ecológico, incluyendo o excluyendo especies de su entorno en función del valor que cobran dentro de su cultura.

Es por ello que la indagación vinculada al saber popular integra de acuerdo al autor Paul un quehacer de la investigación que no debe abordar exclusivamente la confección de inventarios de flora útil; el estudio de las relaciones entre el hombre y su colectividad, por un lado, y su entorno vegetal y ecológico, por el otro, comprende las racionalidades que se ponen en juego y el abanico de necesidades subyacentes en ellas (Hersch, 2015).

En este Sitio Sagrado Natural al visualizar la flora como recurso medicinal se crea una dinámica de diversidad biológica y cultural, en la cual el concepto local de salud-enfermedad articulado con el aprovechamiento de especies nativas locales, posiciona a la biodiversidad como estrategia para recobrar y conservar la salud, satisfacción social, física, mental y también espiritual; dicho de otro modo, en esta ANP, la sociedad no puede ser vista sin la naturaleza y viceversa, de esta manera se crea una reciprocidad entre la flora y el hombre.

Buscar una soberanía en materia de salud, implica pensar las unidades regionales, locales y familiares como eslabones clave en las estrategias de planeación, en las cuales se encuentra un acervo biocultural que se pondera en función de las necesidades de índole rural, urbano e industrial. Esta tendencia de desarrollo de sistemas agromedicinales necesita un modelo que fomente el desarrollo de cadenas productivas virtuosas, que estimulen retornos en sectores como la educación, salud, economía, cultura y medioambiente; ya que el desarrollo de estrategias productivas que ignoran los recursos locales y adaptan el medio a sus necesidades, generan impactos negativos en los sistemas ecológicos, económicos, sociales y culturales.

La variedad de recursos alimenticios y terapéuticos de México son evidencia de la expresión cultural de nuestros pueblos, no obstante, son elementos fuertemente amenazados por la tendencia hegemónica de estandarización en el sistema de atención a la >>*salud global*<<, práctica que se propaga a lo largo y ancho del planeta; esta estandarización ha generado una desvinculación entre la biodiversidad y el concepto de salud, a partir del proceso de adopción de productos farmacéuticos como principal recurso terapéutico. Esta homogenización en el concepto de salud, trastoca no únicamente las estrategias terapéuticas, desdibuja los procesos de diversificación biológico-cultural de los pueblos, su historia de desarrollo, se discriminan sistemas de atención a la salud y el conocimiento de los pueblos; al cambiar nuestros recursos terapéuticos también se han modificado nuestras estrategias ecológicas.

No obstante, en la zona de estudio el acceso a servicios en unidades médicas en servicio de instituciones públicas del sector salud es limitado por el bajo número de unidades médicas, así como de personal; las condiciones socioeconómicas y ecofisiográficas gestan un panorama en el que las oportunidades de desarrollo son escasas por lo cual la migración es un fenómeno acentuado, así como el descenso en el número de habitantes en este sitio, situación análoga a gran parte de la zona desértica y semidesértica en el altiplano.

De acuerdo con INSP (2012), del año 2006 al 2012 se logró en el estado de San Luis Potosí un descenso del 50% en relación a la población que no estaba afiliada a algún tipo de seguro, esto debido a los programas Seguro Popular (SP) y el Seguro Médico para una Nueva Generación, aun así, el SP en este estado únicamente cubre al 49.2% de la población. En el municipio de Catorce de acuerdo a INEGI (2005) del año 1997 al 2003 el incremento en el número de unidades médicas en servicio de instituciones públicas del sector salud fue de una unidad, de ocho a nueve unidades en total, todas con un nivel de operación único para consulta externa, y un incremento de los recursos humanos en las instituciones públicas del sector salud de un total de 26 a 27 personas, de las cuales 9 eran personal médico y 16 personal paramédico. En este mismo periodo en el municipio el porcentaje de partos sufrió un descenso del 20% (el hospital más cercano al municipio se ubica a 79 km en la ciudad de Matehuala). De acuerdo al plan de desarrollo municipal de Catorce 2012 para este año se contaba con 8 unidades médicas en el distrito, las mismas que en 1997 y una menos que en 2003.

CONEVAL, (2019) evaluó que 65% de la población en el municipio sufre algún grado de pobreza y/o vulnerabilidad. Dentro de sus indicadores de carencia, la carencia por acceso a la seguridad social afecta a 59.6% de la población en el municipio, carencia por acceso a la alimentación 32.8% y carencia por acceso a servicios de salud 13.2%. El número de habitantes reportado para el año 1990 en el municipio fue de 17,274 habitantes, mientras que (INEGI, 2017) reporta 9,705 habitantes en el año 2015, la población disminuyó 56.2% en veinticinco años.

Este abandono primordialmente de núcleos agrarios es análoga al panorama nacional, ya que Dominguez (2017) reporta que el porcentaje de jóvenes que se incorporan a labores agropecuarias en el del total de ejidos y comunidades del país es del 32%.

De acuerdo a INEGI (2016), Catorce ostenta una superficie de 192,022.9 ha, la tenencia de la tierra es mayoritariamente ejidal (91%). En el 0.25% de esta superficie se desarrolla ganadería (toda en manos de pequeños productores), el 14% agricultura y el 84% presenta nulo aprovechamiento. Los principales cultivos de temporal son: sorgo, frijol, cebada y maíz, y los cultivos con riego son: chile, alfalfa y jitomate.

(SEGAM, 2008) reporta que en el periodo comprendido entre 1997 al 2006 el cultivo de riego de especies perenes sufrió un incremento de 37 ha, sin embargo, para el caso del cultivo de jitomate en invernadero sufrió un incremento de 15 ha a 126 ha, por el contrario, el cultivo de maíz de temporal disminuyó de 152 a 15 ha.

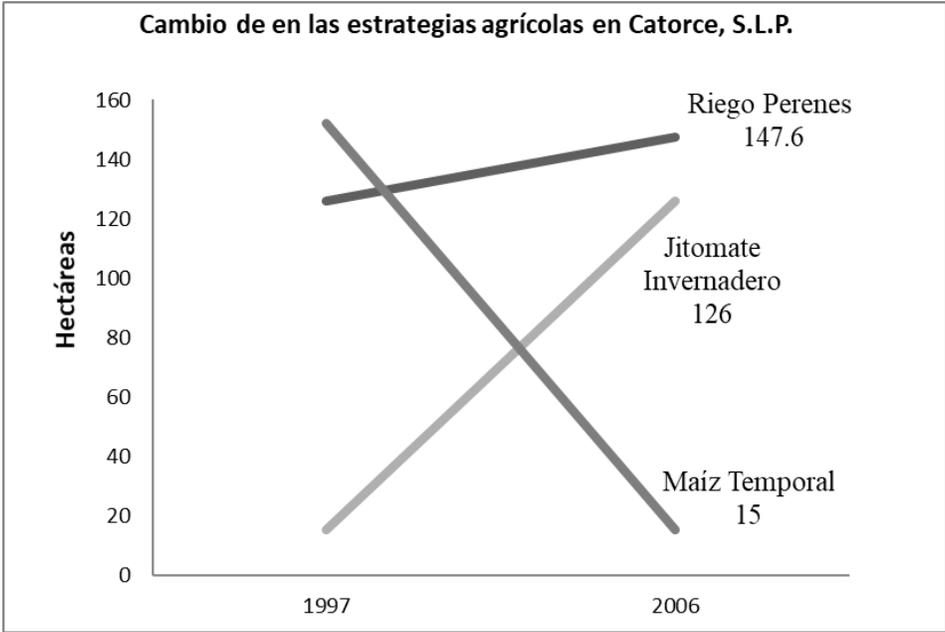


Figura 1.- Cambio en la superficie destinada al cultivo de riego (perenes), jitomate invernadero y maíz de temporal.

De acuerdo a INEGI (2016), la superficie de cultivo de jitomate en invernadero en el municipio de Catorce para el año 2016 era de 426.8 ha, de las cuales se sabe, al menos 126 ha están dentro del polígono del ANP (CONANP, 2012).

INEGI (2005) reporta para el municipio, en el periodo 2002-2003 como principales cultivos: maíz, frijol, tomate, avena, cebada, tuna y alfalfa; las cifras de rendimiento y ganancia por cultivo se presentan a continuación:

Cuadro 1.-Rendimientos y ganancias por cultivo en el municipio de Catorce, S.L.P. en el periodo 2002-2003.

Cultivo	Temporal Riego	Rendimiento (t * ha <sup>-1</sup> )	Ganancias (miles de pesos * ha <sup>-1</sup> )
Maíz	R	3	6.0
	T	0.1133	0.2
Frijol	R	2	7.0
	T	0.2088	0.7
Tomate	R	46	253
Avena	R	3	3.8
Cebada	R	2.3	2.8
	T	2.2	2.8
Tuna	T	7.37	13.1
Alfalfa	R	58	26.1

R – Cultivos con riego  
T – Cultivos de temporal

Las cifras reflejan el panorama agrícola en el municipio, los cultivos de frijol y maíz de temporal son de subsistencia. El cultivo de temporal que arroja mayor ganancia es una especie local adaptada a las condiciones edafoclimáticas (tuna), su cultivo no demanda gran cantidad de insumos y/o mano de obra, es una especie perenne y además posee importancia en el sistema ecológico y cultural al ser una especie nativa fuente de alimento, medicina y forraje.

El panorama en el municipio contiguo, Vanegas es similar; CONANP (2012) sustenta que en el año 1996 en Vanegas se sembraron 12,494 ha en la modalidad de temporal y únicamente se cosecho el 50%, y para el año 2006 se sembraron 11,901 ha temporal y solo se cosechó el 10.2%.

Con respecto a los cultivos de riego, parecen representar el vehículo económico viable para estas áridas superficies, no obstante, se desarrolla una situación

preocupante, los niveles estáticos en las zonas geohidrológicas Valle Vanegas-Catorce de 1972 a 1996 disminuyeron 10 metros y en Cedral-Matehuala disminuyó 50 metros en este mismo periodo (se desconocen datos actuales) (CONANP, 2012). Al disminuir los niveles estáticos aumenta la salinización del agua subterránea.

Acorde con SEDUVOP (2006), 64% de la superficie con clase 2 del municipio es apta para agricultura ya que presentan limitaciones menores, sin embargo, es necesaria la aplicación de numerosas técnicas e insumos que hace que sean incosteables y/o demeritan la condición ambiental del sitio, por ejemplo, fertilización, irrigación, lavado de suelos, subsoleos terraceo. El 32% de la superficie del municipio ubicada en la zona oriente es considerada clase 4, es decir suelos de muy baja o nula calidad agrológica, catalogada como inadecuadas para esta actividad. Únicamente 4% de la superficie municipal ostenta suelos tipo 3.

La información presentada nos permite situarnos en el escenario real de la problemática, partiendo de la idea de que este tenor es considerado como una superficie no apta o muy poco apta para la agricultura, aquella que se desarrolla en el área en el caso de temporal es básicamente de subsistencia y la de riego impacta un sitio sometido a conservación que ostenta un grado alto de endemismo, así como especies vegetales amenazadas y en peligro de extinción incluidas en la NOM-059-SEMARNAT 2010.

El acceso a servicios en instituciones públicas del sector salud es limitado en un “*Sitio Sagrado*” degradado y contaminado con grado de pobreza del 69% y disminución de la población en un 53% en los últimos 28 años.

## **2.6. Flora Nativa del Municipio de Catorce, SLP**

El escenario ecofisiográfico del matorral xerófito de México gesta una relación particular entre el medio ambiente y el hombre que lo habita. En este sitio de investigación, los pueblos originarios han subsistido apropiando recursos biológicos de su entorno, así la permanencia de la sociedad ha estado basada mayormente en intercambios ecológicos con la naturaleza, que en intercambios económicos con el mercado; sus limitados recursos generan una dinámica afanosa del hombre por conocer la flora nativa en aras de aprovecharla, azuzados a establecer estrategias

de aprovechamiento que garanticen el flujo continuo de los recursos que constituyen la base de su supervivencia. De esta manera un gran número de plantas son empleadas con fines medicinales, alimenticios, forrajeros, combustibles, material de construcción o como elementos ornamentales, textiles y agroforestales como cercas vivas, huertos caseros y bosques artificiales. Pocas especies en el sitio de estudio han sido objeto de explotación con fines de comercio o industrialización intensiva. Entre ellas se ubica la "candelilla" (*Euphorbia antisyphilitica*), de cuyos tallos se obtiene cera de excelente calidad; fibras duras o "ixtle" para la fabricación de cordones, costales, bolsas y otros productos se obtienen principalmente de las hojas tiernas de la lechuguilla (*Agave lecheguilla*) y de la palma samandoca (*Yucca filifera*) o palma china (*Yucca carnerosana*); el guayule (*Parthenium argentatum*), arbusto con alto contenido de hule, que se explotó para este fin durante la segunda guerra mundial; diferentes especies de "maguey" (*Agave* spp.) y de "sotol" (*Dasyilirion* sp.) se usan para la elaboración de bebidas alcohólicas destiladas de tipo mezcal. La explotación de algunas de estas especies fue muy intensa y en los casos de la candelilla y del guayule, en los que se destruye la planta para poder aprovecharla en forma económica, se ha llegado a su virtual exterminio en amplias zonas. (Rzedowski, 1994).

Estos antecedentes de aprovechamiento de la flora nativa del desierto nos permiten reconocer que es económicamente viable el aprovechamiento de plantas nativas; no obstante, es necesario que la estrategia de aprovechamiento de los recursos no sea unidireccional; es necesario delinear un modelo de aprovechamiento que no demerite las expectativas de vida de los actores involucrados, incluyendo componentes biológicos, y basado en diversas estrategias ya que ello beneficia el sistema ecológico, es decir al sistema productivo. Además, al diseñar un sistema productivo es importante considerar la calidad de vida de los actores involucrados en el cultivo y aprovechamiento de las especies integradas, ya que, por ejemplo, la explotación de la candelilla, guayule, lechuguillas, palmas y sotoles demandan un gran número de horas (jornales) invertidas, los procesos de explotación implican trabajo arduo y el margen de ganancia para el productor es muy reducido. En este orden de ideas el SAFM diseñado debe integrar en sus estratos especies que, si

bien deben proporcionar beneficios económicos y ecológicos, también conlleven en su cultivo y aprovechamiento la mejora de las condiciones de vida de los actores involucrados.

En el caso de la explotación de cactáceas, la recolección indiscriminada constituye un agente que demerita su distribución, en algunas especies supera a la tasa de regeneración de la flora, lo que constituye una amenaza, particularmente de las cactáceas de carácter ornamental y enteógeno, los volúmenes de extracción son inciertos y no existen cultivos que integren flora nativa, tenor que imposibilita conocer el estado actual del recurso para establecer un programa de manejo.

En el caso particular de especies enteógenas como hikury (*Lophophora williamsii*), peyote brujo (*Ariocarpus fissuratus*), pata de venado (*Ariocarpus kotschoubeyanus*), biznaga partida (*Coryphantha poselgeriana*), peyotillo o falso peyote (*Pelecyphora aselliformis*), sus poblaciones han sido reducidas drásticamente debido a su desmedida extracción y la alteración de sus áreas (restringidas) de desarrollo.

En este tenor es trascendental el estudio ecológico y etnobotánico de la flora medicinal nativa, con la intención de construir una visión integral de los procesos y necesidades puestas en juego, así como la gama de posibilidades, y de esta manera proponer un diseño que responda a la realidad natural y social del sitio de estudio.

## **2.7. Mezquite: un árbol que dinamiza el espacio-tiempo**

### **2.7.1. Potencial terapéutico del mezquite**

En el contexto de la medicina popular mexicana, el mezquite es ampliamente aprovechado. Se sabe que té de hojas y corteza es usado para lavados oculares cuando existe irritación; enjuagues bucales contrarrestan enfermedades en boca y garganta y tomado combate disentería o diarrea. El cocimiento de la corteza es emoliente, vomitivo y purgante. El extracto de hojas frescas y maduras en alcohol elimina infecciones de garganta y estomacales por su acción antibacterial. La ceniza de ramas y troncos mezclada con manteca, aplicada de forma externa, desinflama golpes (Jiménez, 2011). Debido a que *Prosopis sp.* tiene efectos bactericidas y

fungicidas, es empleado en infecciones de ojos, intestinales, enfermedades epidérmicas, entre otras (Ahmad, 1988).

En países de Centroamérica se le atribuyen propiedades afrodisiacas y de potenciador de la función sexual masculina y de acuerdo a Taisma (2017), el uso medicinal del mezquite para lavados oculares y bucales, basándose en el índice de su aceptación cultural es objeto validación farmacológica. Otro uso reportado en estos países, es el empleo de corteza de mezquite para el tratamiento de fracturas, torceduras y dolores articulares; es mezclada la corteza molida con harina de vaina de mezquite, se elabora un bálsamo para el tratamiento de dolores articulares y golpes. Uso que ha sido reportado en múltiples citas (Pasiiecznik, 2001).

El efecto del mezquite en afecciones traumatológicas y reumáticas obedece quizá a los metabolitos secundarios de la planta ricos en prosopinina, un alcaloide con fuerte efecto anestésico (Bouhlel, 2007). La actividad antimicrobiana del alcaloide julifloricina aislado de *Prosopis juliflora*, ha demostrado efecto antimicrobiano en por lo menos 40 tipos de microorganismos que incluyen hongos, bacterias, virus y algunas especies del género *Candida* (Aqueel, 1989) y con efectos comparables a los de la estreptomina y la penicilina (Sthiya, 2008). Alcaloides de la misma especie tales como la juliflorina, juliprosina, julifloricina y julifloridina podrían tener los mismos efectos (Vimal, 1986).

Muy probablemente el uso del mezquite para tratar afecciones bucales, de garganta, desordenes urinarios, dermatitis, lepra, disentería, bronquitis, asma, enfermedades venéreas, dolor de oído y picaduras de animales ponzoñosos, entre otros usos, se sustente en el efecto antibacterial y antibiótico de estos alcaloides; La cocción de hojas y corteza tiene propiedades bactericidas y fungicidas; tintura de hojas y corteza presentan actividad contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia sp.* (Taisma, 2017).

Un recurso terapéutico de gran importancia que contiene el mezquite son las lectinas, debido a que son consideradas moléculas de gran interés en la actual bioprospección. Las lectinas son un grupo diverso de proteínas ampliamente distribuidas en la naturaleza; su importancia radica en su exquisita selectividad y su

potencial codificador de información de las estructuras de glicanos, el cual es superior a la de proteínas, ácidos nucleicos y otras macromoléculas. La mayoría de estas proteínas están privadas de actividad enzimática, es decir no aglutinan glóbulos rojos (Cruz, 2005).

En plantas las lectinas se concentran principalmente en las semillas de los cotiledones (en citoplasma o cuerpo proteico), no obstante, estas moléculas se pueden encontrar en hojas, tallos, corteza o frutos y constituyen hasta el 10% del total de proteína. Las lectinas son sintetizadas, procesadas y transportadas como proteínas sintetizadas en el retículo endoplásmico rugoso y posteriormente acumuladas en vacuolas (Gupta, 1987).

Las lectinas aisladas de leguminosas son el grupo de estas proteínas vegetales más estudiado; la composición química entre especies es diferente, sin embargo, de manera general estas moléculas son fuente de proteínas de reserva (globulinas), funcionales (albúmina) y estructurales (glutelinas) (Duranti, 1997); pese a su alto aporte proteico, el valor nutricional es bajo al ser de origen vegetal. Las proteínas tienen menor contenido en aminoácidos azufrados respecto a otros alimentos, son fuente de carbohidratos (almidón y fibra dietética), su contenido en lípidos es bajo y aportan vitaminas del grupo B predominantemente, así como calcio, hierro y fósforo.

Las semillas de algunas especies ricas en lectinas contienen antinutrientes (no proteicos y proteicos) cuya presencia es una estrategia evolutiva que le permite a la planta sobrevivir y completar sus ciclos vitales en condiciones naturales frente a perturbaciones nutricionales (Rincón, 2014).

En las plantas las lectinas cumplen diversas funciones como la regulación fisiológica, defensa mecánica contra ataque de microorganismos, almacenamiento de proteínas, transporte de carbohidratos, estimulación mitogénica, reconocimiento de las bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*, entre otras; algunos antinutrientes proteicos son inhibidores de tripsina y alfa amilasa, no obstante, este efecto es inhibido con tratamiento térmico; existe evidencia de que las lectinas son proteínas constitutivas de una estrategia de defensa de las plantas contra herbívoros e invertebrados al unirse específicamente a carbohidratos de origen

animal. Las lectinas no cumplen un rol de protección en la planta sino un rol positivo de resistencia para la supervivencia de las especies (Peumans, 1995).

Las lectinas resisten la degradación en el intestino delgado y también son resistentes a degradación por microbiota intestinal, de manera que la mayoría de las lectinas atraviesan el tubo digestivo conservando sus propiedades y funciones.

En años recientes se ha demostrado que las lectinas están involucradas en las causas y desarrollo de diferentes enfermedades como diabetes insulino dependiente, artritis reumatoide, nefropatía por IgA y úlcera péptica (Nasi, 2009).

Estudios de diferentes lectinas de plantas han demostrado que estas proteínas poseen actividad antitumoral (inhibiendo el crecimiento del tumor) y actividad anticarcinogénica (inhibición en la inducción del cáncer por carcinógenos) (Abdullaev, 1997).

El efecto antitumoral de las lectinas ha sido demostrado en numerosos trabajos, por ejemplo, Lin (1970) demostró que la administración intraperitoneal de ricina (RCA) y arabina (APA) en ratones inducidos inhibe el crecimiento de tumores, se ha comprobado la inhibición del desarrollo tumoral en células de un poliovirus transformado (Shoham, 1970), el efecto citotóxico e inhibitorio del crecimiento de tumores (Knibbs, 1994) y el incremento en la posibilidad de vida de los organismos que desarrollan estos desordenes celulares mediante la administración de lectinas (Ganguly, 1994).

(Abdullaev, 1997) expone que este efecto de las lectinas deriva de su capacidad para modular el crecimiento, diferenciación, proliferación y apoptosis, procesos mediados por receptores de superficie; demostrando que las lectinas vegetales son moduladores celulares en procesos como el crecimiento, adhesión, transformación maligna, metástasis y apoptosis, proponiendo que las lectinas pueden ser una herramienta útil en las investigaciones sobre el cáncer y como un recurso terapéutico.

Las anteriores citas nos permiten visualizar mecanismos de acción diferentes en lectinas vegetales y de acuerdo con Castillo-Villanueva (2005), esto responde a factores como el origen celular, clase de tumores y concentración de lectina.

### **2.7.2. Prosopis: especie medicinal con potencial económico**

El diseño de un sistema agroforestal visualiza como componente principal a la especie arbórea, debido a que, de manera general su aportación ecológica y económica, así como el tiempo de permanencia dentro del sistema son superiores a los estratos inferiores. Con esta premisa se propone como especie arbórea con potencial agroforestal medicinal al mezquite (*Prosopis sp.*), debido a que es una especie nativa del sitio de estudio que ostenta gran importancia en la cultura y economía de los habitantes, así como en la ecología del municipio de Catorce, S.L.P. El mezquite es un árbol ampliamente aprovechado y por ende conocido, posee estrategias adaptativas e interacciones ecológicas que benefician al sistema ecológico-productivo por lo cual se eligió al mezquite como estrato arbóreo del sistema agroforestal medicinal.

El género *Prosopis* es una especie arbórea de amplia distribución geográfica y ecológica en zonas áridas, su cobertura se extiende en gran parte del país por lo que es una especie ampliamente conocida y aprovechada. La ecología del mezquite posee gran importancia en la estructura y función de los sistemas áridos y semiáridos en México (CONAZA, 1994).

El continente africano se considera su origen fitogeográfico, territorio en el que se subsiste en una única especie (*Prosopis africana*) cuyas características son poco especializadas (Elvia, 2014).

El mezquite es visualizado como una especie que proporciona múltiples beneficios en los diferentes sistemas en los que se desarrolla; en zonas áridas de México representa una de las principales fuentes dendroenergéticas y de madera ya que es fuerte y duradera, con ella se fabrican gran cantidad de adminículos, elementos decorativos y artesanías. Sus frutos son un recurso alimenticio y medicinal, también son empleados como forraje al igual que su follaje y todas las partes del árbol son

útiles. Su importancia ecológica, potencial económico y su rol en la cultura hacen del mezquite una especie con potencial agroforestal en zonas áridas.

Su distribución comprende casi todo el territorio mexicano, con excepción de las zonas montañosas y las partes bajas del sureste del país; es particularmente abundante en las zonas áridas y semiáridas, aunque su amplio rango ecológico le permite ser localizado en zonas con temperaturas medias que van de 20 a 29° C, con precipitaciones que oscilan entre 350 y 1 200 mm anuales. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2 200 m de altitud.

El complejo mezquite del norte de México incluye las especies autóctonas: *P. glandulosa*, *P. juliflora*, *P. velutina*, *P. pubescens*, *P. reptans*, *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. laevigata* (Sauceda, 2014).

De acuerdo a Signoret (1970), las mayores concentraciones de *Prosopis glandulosa* se localizan en los estados del norte y centro del país, entre las que sobresalen Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro.

*P. laevigata* es el mezquite típico del Centro de México, es la especie dominante en San Luis Potosí, así como en el centro y sur de Tamaulipas. Se distribuye en las isoyetas de 300 a 900 mm, principalmente entre los 1800 y 1900 msnm; se presenta en forma de árboles con alturas de 6 a 7 m, así como arbustiva de 2 a 3 m (CONAZA, 1994).

Entre las adaptaciones del mezquite a los ambientes áridos se encuentra la amplitud y profundidad de su sistema radicular, así como la reducción de su sistema foliar; su presencia indica disponibilidad de agua subterránea a poca profundidad (CONAZA, 1994), por lo que los campesinos del sitio de investigación lo reconocen como un bioindicador de cuerpos de agua subterráneos, asociando la morfología del mezquite con la profundidad del cuerpo de agua.

Los estados de la República que destacan por la producción forestal de mezquite son: Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León. De menor importancia son los estados de: Aguascalientes,

Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Oaxaca, Querétaro y Sinaloa (Chavez, 2015).

El mezquite es un árbol o arbusto espinoso, de 2 a 15 m de altura con un diámetro a la altura del pecho hasta de 40 cm. *Prosopis glandulosa* es también tolerante a la sal y hay algunas variedades que son capaces de crecer en lugares con niveles de salinidad marina (CONAZA, 1994). Su tronco ostenta una corteza oscura o negruzca, de ramas flexuosas y copa esférica o deprimida. Su tronco ramifica a baja altura. Sus tallos más delgados son espinos y con abundante parénquima cortical, de madera dura y pesada, en su centro el tronco es negro o café, muy resistente por su dureza y consistencia (Catalán, 1997).

El sistema radicular freatófito del mezquite es muy eficiente y de rápido desarrollo, en suelos áridos se desarrolla la raíz a gran profundidad llegando a los 50 metros, y sus raíces laterales alcanzan los 15 metros (CONAZA, 1994).

Sus hojas pueden presentarse en uno o dos pares de pinnas por hoja, de 2.5 a 12 cm de largo, con 20 a 30 pares de folíolos cada una. Los folíolos son glabros, lineares, oblongos de 5 a 10 mm de largo, y de 2 a 7 veces más largos que anchos. Sus intervalos sobre el raquis son inferiores a sus anchos; su color es verde pálido a grisáceo, y en la parte inferior tiene una fuerte nervadura pinnada (Elvia, 2014).

El mezquite por lo general presenta espinas, principalmente axilares o terminales. Semi-caducifolio o perennifolio; la caída de las hojas es en invierno, la época de formación de renuevos se extiende desde marzo hasta mayo; los folíolos permanecen en la planta de abril a diciembre (CONAFOR, 2009).

Su época de floración inicia en febrero a marzo y termina de abril a mayo; la floración coincide con el renuevo de los folíolos. Los racimos son de 4 a 10 cm de largo y llevan flores blanco-verdosas con pétalos de 3 a 4 mm de largo. El cáliz es de alrededor de 1 mm de largo (Folliott, 1983).

Las flores son bisexuales, actinomorfas, con cinco sépalos y diez estambres, estambres rectos, divergentes y con un tamaño doble al de la corola; el ovario está

cubierto por filamentos sedosos. El pistilo tiene una forma de urna y el estilo de cilindro; el ovario es súpero, unilocular, unicarpelar y de placentación parietal; el estigma es cóncavo.

De acuerdo a CONAFOR (2009) la fructificación ocurre en los meses de mayo a agosto. Los frutos están en una vaina, el mesocarpio presenta una pulpa gruesa y esponjosa, de sabor dulce, que envuelve el endocarpio el cual está articulado en pequeños compartimientos donde se alojan las semillas, dispuestas en una hilera ventral. Con base en (Folliott, 1983) la cosecha en nuestro país se puede realizar a partir de agosto, y puede concluir hasta el mes de octubre.

El mezquite es una especie nodriza; su dosel ofrece una sombra rala que intercepta parte del espectro electromagnético del sol, disminuyendo significativamente la temperatura a su sombra, manteniendo un nivel de humedad mayor en su área de goteo con respecto a el área que recibe la radiación directa y proporcionando así un microclima que favorece la sobrevivencia de las plántulas, además, sus profundas raíces extraen nutrientes de capas profundas del suelo y sus hojas proporcionan materia orgánica en la superficie. Es una especie fijadora de nitrógeno.

Se establece en una amplia gama de tipos de suelos, no obstante, crecen con más vigor en los suelos profundos, como en las partes bajas de los valles, mientras que su altura es menor en las laderas de los cerros o en suelos delgados. Se asienta sobre suelos de origen ígneo y calizo, debido a fenómenos de solifluxión en el suelo, estas alteraciones en el suelo provocan la muerte de los retoños, la marchitez y consecuentemente la caída de los folíolos, inflorescencias y vainas. Los tipos de suelos donde se distribuye principalmente el mezquite en México son sierozem y chestnut (Elvia, 2014).

El mezquite representa una especie con gran potencial agroforestal al ser un árbol nativo que ofrece numerosos servicios y productos secuenciados en el tiempo, por lo que representa una especie estratégica en el diseño agroforestal en zona árida.

## **2.7.3. Aprovechamiento del mezquite**

### **2.7.3.1. Frutos**

La colecta de vainas para el aprovechamiento de la semilla madura en la zona del Altiplano potosino comienza en el mes de julio (Armando, 1991). Se estima que la producción anual de la vaina en el altiplano varía de 4 a 50 kg por árbol y de 200 a 2 200 kg ha<sup>-1</sup> en densidades de 25 a 245 árboles por hectárea (Maldonado, 2000). Se ha calculado que la producción promedio es de 5.7 kg de vaina por árbol (15 semillas por vaina) (Pérez, 2009) en un rodal natural de mezquite sin manejo forestal en el altiplano potosino; por su parte Soto (2014) reporta un rendimiento por árbol joven de mezquite de 20 a 25 kg de fruto por temporada.

Se estima que una familia puede coleccionar de 200 a 250 kg diarios de vaina en estas zonas áridas (CONAZA, 1994). A pesar de que en la actualidad el fruto de mezquite con fines forrajeros es el principal producto de esta especie arbórea, se ha reconocido su alto poder nutricional, ya que se sabe que el pericarpio grueso y esponjoso tiene altos contenidos de azúcares (52.14%); (Maldonado, 2000) reporta porcentaje de proteína en vainas de mezquite de 9 a 17% y 15 a 40% de azúcares. (Corona, 2000) reporta 39.34% de proteína. También se ha demostrado que la harina de vaina de mezquite posee un contenido superior de proteínas y minerales en comparación con harinas de trigo comerciales (Medina, 2013), por ejemplo, Monroy (2014) reporta que la harina de mezquite posee mayor contenido de proteínas (73 g) y menor contenido de grasas (2.5) que las barras comerciales Kellogg's (1 g, 2.5 g) y Nutri-Grain (2g, 4 g). Estas características de la vaina del mezquite posicionan a *Prosopis* como una especie con alto valor nutricional con potencial para el consumo humano.

El proceso de producción de harina de mezquite implica la colecta del fruto maduro, selección y deshidratación (en sombra a temperatura ambiente) de vainas, lavado de la vaina y desinfección con cloro (25 ppm). Posteriormente deshidratación de la vaina para concentrar los azúcares (65 °C por una hora). Molienda de la vaina y semillas para obtención de la harina, tamizado en malla 0.5 mm y finalmente

envasado en la presentación deseada (Soto, 2014). El rendimiento de la vaina (en peso seco) para la producción de harina es aproximadamente del 65%.

El canal de comercialización de la harina de mezquite es la industria alimenticia y forrajera. El precio actual de un kilogramo de harina de mezquite orgánica certificada oscila entre 1000 y 1800 pesos (toda procedente de Estados Unidos de Norteamérica y Perú); su alto costo aunado al desconocimiento de su potencial nutricional son la causa de que este potencial sea ignorado.

### **2.7.3.2. Goma**

El aprovechamiento de la goma de mezquite (GM) se realiza mediante el rayado, lo cual implica realizar un corte frecuente en la corteza del mezquite. El rayado de baja intensidad aumenta la productividad de exudados (Rivano, 1999). La temperatura ambiental constituye un elemento importante para la fluidificación de los exudados, ya que a mayor temperatura la fluidez de los exudados se incrementa. Teniendo en cuenta la fenología del mezquite y la alternancia de estaciones seca y húmeda, se tiene que evitar el rayado en determinados periodos del año. Debe evitarse rayar la corteza en periodos húmedos (julio a octubre) para evitar enfermedades y la pérdida de goma por escurrimiento. El rayado ascendente es la mejor alternativa para el aprovechamiento de exudados de acuerdo a Martínez (2011).

Las plagas, enfermedades y estrés (hídrico y térmico) que afectan al mezquite son los principales factores a tomar en cuenta en la producción de goma, ya que la producción de esta es detonada como respuesta a condiciones de perturbación (Vernon-Carter, 2000), así como para prevenir la desecación del tejido y evitar ingreso de patógenos hacia el mezquite (CONAFOR, 2009). La adecuada atención a estas variables es imprescindible para lograr la rentabilidad en cultivos de aprovechamiento de exudados (Burciga, 1998). Las plagas que afectan principalmente al mezquite son insectos invertebrados que se alimentan de los frutos. De acuerdo a Kingsolver (1977), estos insectos se dividen en dos grupos, los insectos que se alimentan del fruto de *Prosopis* desde afuera y aquellos que lo hacen desde dentro. Los que se alimentan desde afuera son adultos y ninfas de hemípteros y larvas de lepidópteros. Los que se alimentan internamente incluyen

larvas de lepidópteros y coleópteros de las familias Curculiónides, Cerambícides y Brúcidas. Entre los gorgojos, los brugos constituyen a la larga las plagas más importantes. Se desconocen enfermedades de Prosopis sin embargo el rayado en época de lluvias incrementa las probabilidades de ser infectado por hongos.

El mezquite es capaz de regenerar la corteza del corte controlado realizado en el rayado. Los sistemas intensivos de rayado en plantaciones forestales para la extracción de exudados pueden llevar a más producción, pero también a tasas altas de agotamiento del tablero de rayado, ciclos cortos de vida de las plantaciones y baja productividad laboral (Burciga, 1998).

La metodología del rayado ascendente para la apertura del tablero es la siguiente:

El rayado del mezquite se realiza mediante cortes controlados y sistemáticos de la corteza, evitando ocasionar daños a estructuras que permiten su regeneración. Para la extracción de la goma, el tallo es segmentado en dos porciones longitudinales simétricas, en dirección este-oeste, cada porción es denominada "tablero de rayado". Los tableros con orientación este-oeste están expuestos a los rayos solares, esto incrementa su temperatura lo cual influye en la fluidificación de la goma y disminuye la humedad, al exponerlo a radiación solar se reduce la presencia de enfermedades por hongos.

El trazo del ángulo de inclinación del corte del rayado es relevante para obtener buenos rendimientos, se recomienda un ángulo de 45° en el rayado del mezquite. Para la incisión, corte o rayado en el troco principal o rama secundaria se emplea un cincel y un martillo, se perfora a 1 cm de profundidad para no afectar el flujo de agua y nutrientes en el árbol. El rayado se realiza de forma descendente de izquierda a derecha con la inclinación adecuada (previamente trazada), en forma de espiral (Reséndiz, 2016).

Para coleccionar la GM se puede hacer manualmente o se emplea una espátula para despegar la goma solidificada en el rayado y promover que aquella en el interior del corte que permanece líquida fluya hacia el exterior. (Reséndiz, 2016) probó que la aplicación de etileno (10% en tronco principal o en ramas secundarias) a 0.6 m de

la base incrementa significativamente la producción de goma. Los meses de recolección son de abril a junio, iniciando el rayado en mazo cuando el árbol recobra su metabolismo habitual y no se presentan lluvias que pudieran escurrir la goma.

La purificación de la GM comienza por el pesado del exudado colectado, selección y limpieza manual del material. Posteriormente se disuelve en agua y se filtra para retirar impurezas y finalmente una ultrafiltración (10kDa); la solución resultante puede envasarse como jarabe con un 25% de sólidos o también es posible secar el filtrado mediante aspersion para su posterior envasado en polvo (CONAFOR, 2009).

(Vernon-Carter, 2000) reporta un rendimiento de 34.35 kilogramos de goma por hectárea en un bosque natural de mezquite en San Luis Potosí, cuya densidad es de 200 árboles ha<sup>-1</sup> con el 75% de árboles produciendo goma (todos ellos con edades de 6 a 15 años). Este trabajo concluye que el potencial productivo de un bosque de 600 km<sup>2</sup> de *Prosopis laevigata* en San Luis Potosí en el año 2000 es de 2 061 t año<sup>-1</sup>. Esta cifra resulta importante al compararla con cifras de importación de goma arábiga en México para este mismo año, estimadas en 3 431 t (López-Fanco, 2006).

La comisión nacional forestal reporta rendimientos de 390 a 1200 gramos de goma por hectárea en zonas áridas de bosques naturales de Sonora y 40 kilogramos por hectárea en áreas cultivadas (CONAFOR, 2009).

El canal de comercialización de la GM es principalmente la industria alimenticia ya que es empleada como aditivo alimentario, al ser usada en la técnica secado por aspersion se convierte en un agente encapsulante de saborizantes, aceites esenciales y colorantes; es un agente surfactante de emulsiones agua-aceite (bebidas cítricas o carbonatadas), como agente estabilizante en aderezos, mayonesas, cervezas y vinos y se emplea como material estructural de películas comestibles debido a que retarda la migración de etileno (entre otros gases), regula la humedad e incorporación de lípidos y mejora la textura de frutas como guayaba y limón (CONAFOR, 2009).

Es posible emplearse en combinación con goma arábica, maltodextrinas, lípidos (cera de candelilla), proteínas vegetales y animales y quitosano. Bósquez (2005) determinó que con el recubrimiento de una formulación de mezquite-candelilla y aceite mineral, se prolonga la vida útil del limón persa en por lo menos 66%; ello debido a que el exudado es un efectivo agente emulsificante debido a su contenido proteico, en estructura similar a la de la goma arábica. La capacidad de la goma de mezquite para evitar la floculación y coalescencia en solución acuosa le confieren potencial para su implementación en procesos de elaboración de recubrimientos y películas comestibles emulsificadas.

Las características químicas, térmicas y de sorción de la GM exhiben puntos de similitud con la goma arábica y con gomas de otras especies botánicamente relacionadas. Por otro lado, la goma de *Prosopis* presenta un contenido de proteínas superior al de la goma arábica aspecto que podría tener influencia en las propiedades funcionales, ya que se sabe que disuelve a mayor velocidad que la goma arábica y acelera la dispersión de los ingredientes. Presenta mayor afinidad por compuestos aceitosos y los productos obtenidos son más estables en color y sabor (CONAFOR, 2009).

La estructura macromolecular de la GM está constituida por arabinosa, galactosa, glucosa, manosa y ácido glucorónico (Youl, 1998). Esta estructura muy ramificada genera una conformación molecular compacta, con alta solubilidad en agua. Los polisacáridos de la goma de mezquite tienen una fracción proteica que oscila entre 2% y 4.8% (Fincher, 1983). Es altamente soluble en agua en concentraciones de hasta 50%, insoluble en aceites y solventes orgánicos, presenta baja viscosidad en altas concentraciones, soluciones al 20% presentan un comportamiento Newtoniano y soluciones al 50% comportamiento no Newtoniano; la viscosidad aumenta o disminuye en función del pH, un pH normal oscila entre 4.5 a 5.5 (CONAFOR, 2009).

Actualmente la GM no cuenta con la aprobación de la FDA y FAO-WHO, CODEX por lo que su comercialización en la industria alimentaria a nivel mundial no es posible, sin embargo, en México ya ha sido aprobada por la Secretaría de Salud

(SS) desde el año 1996, para su empleo en alimentos procesados, principalmente la industria refresquera (Reséndiz, 2016). La anterior cita también muestra que la goma de mezquite mejora los parámetros establecidos por la Food and Drug Administration para el uso de la goma arábiga en la industria alimenticia, con un contenido de impurezas y taninos del 0.15 y 0.49% respectivamente.

El precio actual de la goma arábiga comestible en polvo en el mercado en México oscila entre los 450 y 1200 pesos por kilogramo.

### **2.7.3.3. Madera, Carbón y Leña**

Sin duda otro de los productos con importancia económica del mezquite en zonas áridas es el aprovechamiento forestal (Reyes, 2007), ya que permite a las comunidades obtener leña y carbón.

La madera de mezquite posee una dureza y fuerza característica, aunque un poco quebradiza la madera de este árbol, es duradera. Las características de la madera como su textura, color y estabilidad confieren al mezquite en zonas áridas importancia primaria en la fabricación de muebles, artesanías, utensilios, marcos decorativos, durmientes, parket, duelas, hormas para zapatos y material de construcción. Habitualmente se procesa en brazuelos, tablas y postes para cercas.

Se estima que para obtener postes de 20 cm de diámetro y de 1 a 2 m de largo a partir del tronco principal, es requerido un turno de alrededor de 25 a 30 años. Siendo el crecimiento en sitios de óptimo desarrollo de 3 a 5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> por año (INIFAP, 2011).

Para establecer una estrategia de manejo que proporcione beneficios productivos al mezquite como podas, raleos, ciclos de corte, etc. y al mismo tiempo suministre las cantidades necesarias de combustible para satisfacer las demandas en el hogar, es necesario establecer una directriz productiva y conocer el tiempo requerido para obtener determinado producto maderable. (INIFAP, 2001) reporta que para obtener postes delgados o medianos (10 a 15 cm diámetro), se requiere un turno de 14 a 24 años y para madera de dimensiones mayores, por ejemplo, árboles de 20 a 70 cm de DB para postes gruesos y aserrío, es necesario un turno de 33 a 111 años.

Además, el trabajo anterior recomienda una densidad de 130 a 140 árboles por hectárea y una cobertura mínima del 30% para poder establecer un sistema silvopastoril con *Prosopis sp.* y pasto buffel que tenga calidad y cantidad competitiva.

La madera de mezquite es apreciada en la industria alimenticia para la cocción de alimentos principalmente carnes y quesos, ya que confiere características organolépticas deseadas.

El mezquite es un recurso dendroenergético por excelencia en zonas áridas, en donde su biomasa es muchas veces empleada como único combustible disponible. Los núcleos familiares colectan cantidades de leña que satisfacen sus requerimientos en el corto plazo, pocas veces se colectan volúmenes para comercialización.

Otro producto de la madera de mezquite es el carbón, producto de importancia económica que es obtenido por el calentamiento de madera en ausencia de aire. El carbón de *Prosopis* se distribuye en las principales ciudades de San Luis Potosí y Sinaloa. El bajo costo de producción ha detonado el incremento de las exportaciones a Estados Unidos de Norteamérica. Por ejemplo, se sabe que en el período de 1982 a 1992 las exportaciones se incrementaron de 2 mil a 20 mil toneladas; Sonora por su parte incremento la producción de carbón de mezquite de 4 mil toneladas en 1982 a 22 mil en 1985, incrementando sus exportaciones de 177 toneladas a más de 10 mil toneladas anuales en el mismo periodo (Monroy, 2014).

Sin embargo, en la actualidad es imposible calcular los volúmenes extraídos de madera y leña en México; su explotación eventualmente es intensiva por lo que se ha llegado a un virtual exterminio en amplias superficies de zonas áridas y semiáridas de nuestro país. Se sabe que el aprovechamiento de las especies arbóreas para leña es el principal agente de deforestación en Latinoamérica, donde han sido agotados dos tercios de las reservas forestales (Monroy, 2014).

La eficiencia de la madera de mezquite para la producción de carbón en una producción artesanal es de aproximadamente 20%; el costo por kilogramo de

carbón (directamente con el productor) no supera los 2 pesos, llegando en el mercado a un precio de hasta 10 pesos por kilogramo (Sosa, 2007).

Se ha estimado que para obtener 400 kg de carbón se demanda por lo menos 600 kg de madera en función del grosor del material vegetativo. La combustión demanda entre 3 y 4 días para obtener el producto final (Reyes, 2007).

El precio del kilogramo carbón de mezquite en el mercado es de 10 pesos.

#### **2.7.3.4. Inflorescencias**

El aprovechamiento de las inflorescencias del mezquite representa un complemento productivo del sistema agroforestal. Una de las propuestas para este aprovechamiento es la instalación de módulos apícolas para satisfacer la demanda a nivel local y regional. Es necesario instalar las colmenas antes de la floración del mezquite en el altiplano, es decir a finales del mes de febrero y termina en mayo (Folliott, 1983). Para cada colmena del módulo se necesita una cámara y dos alzas por colmena o cajón (Hernández, 2001). Una colmena jumbo con tres alzas cuesta 820 pesos, el núcleo de abejas tiene un costo de 380, el kilogramo de cera es de 65 pesos (necesaria 1 kg por colmena con 3 alzas) (Alberto, 2000).

De acuerdo a la cita anterior se estima que, en un bosque de mezquite con sistema silvopastoril en el estado de San Luis Potosí, con 2.5 a 3 alzas se obtienen en 4 cosechas secuenciadas.

La instalación del módulo requiere de dos jornales; las colmenas deben colocarse bajo el mezquite y mantener libre de maleza su área circundante mediante deshierbes manuales. Su manejo demanda corregir y repara daños en colmenas o sustitución de colmenas.

Entre las plagas y enfermedades presentes en el cultivo apícola se encuentran los insectos como la polilla de cera que se alimenta de cera y destruye los panales, las hormigas que se alimentan de miel y afectan seriamente a las abejas; algunos mamíferos y reptiles devoran a las abejas por lo que es necesario mantener limpio de maleza y proteger las colmenas con tela de arnero de 6 a 9 mm por la noche (Hernández, 2001).

Una de las parasitosis más frecuentes en abejas que afecta tanto a la cría como a la abeja adulta es la varroasis o varroatosis. La enfermedad es causada por un ácaro (*Varroa destructor*), llegando a ser la afección más temida en el mundo apícola (SAGARPA, 2001). Esta parasitosis se elimina retirando a los ácaros mecánicamente o aplicando determinadas sustancias químicas. Al término de la floración del mezquite y durante las estaciones de otoño e invierno, hay que conservar reservas de un alza llena de miel por colmena, se proporciona agua y jarabe (Hernández, 2001). No obstante, al término de la floración del mezquite en el altiplano potosino en mayo, aún existen componentes florísticos fuente de néctar y polen para las abejas hasta el mes de septiembre.

Un módulo apícola de un sistema silvopastoril de mezquite en San Luis potosí estimó que es posible producir 60 litros de miel por temporada con flor de mezquite con una colmena regular con dos a tres alzas (Hernández, 2001).

EL costo del kilogramo de miel de mezquite oscila en el mercado entre 80 a 150 pesos.

## **2.9. Orégano Mexicano (*Lippia graveolens*)**

El orégano mexicano (*Lippia graveolens*) que se desarrolla en zonas áridas y semiáridas de nuestro territorio posee un alto contenido de aceite esencial; hecho que ha posicionado a México como el mayor exportador de esta especie en el planeta, surtiendo el 40% del mercado mundial. De las 4,000 toneladas producidas actualmente en el país, el 85% se comercializa en Estados Unidos de Norteamérica, 5% en la Unión Europea y el 10% restante se comercializa en el interior del país (Huerta, 2005).

La cantidad y calidad de aceites esenciales y oleorresinas del orégano mexicano lo posicionan como una especie con potencial para ser comercializada en las industrias farmacéutica, alimenticia, perfumería y cosmetología (Granados-Sánchez, 2013). El precio internacional actual de un kilogramo de aceite esencial de orégano (octubre 2018) es de 9,040 pesos (Eden Botanicals, 2018). El contenido o rendimiento de aceite esencial de *Lippia graveolens* es de 2% (gr gr<sup>-1</sup>), el método más recomendado para su obtención es el la destilación por arrastre de vapor, en

el cual el material vegetativo es colocado sobre una criba ubicada a determinada distancia del fondo de un tanque de acero inoxidable de grado alimenticio denominado alambique; en la porción baja del alambique se sitúa el agua, cuyo nivel no alcanza al material vegetativo o criba (por lo que no está en contacto directo con el agua); mediante una fuente de calor se produce vapor saturado, el cual fluye a través del material vegetativo a baja presión; la fracción volátil (aceites esenciales) de la planta es arrastrada junto con el vapor y posteriormente condensada en un serpentín o refrigerante y colectada en un embudo de separación. El término aceite esencial hace referencia a las propiedades físicas de la fracción volátil de una planta, las cuales son a) su densidad es menor a la del agua y b) son inmiscibles en agua; estas características hacen que su separación mediante decantación sea relativamente fácil con un embudo de separación.

El orégano es un recurso con gran potencial económico, de acuerdo a (CONAFOR, 2009), en 2005 las ventas totales de orégano a nivel global ascendieron a más de \$75 billones de euros. En relación a la especie *Lippia graveolens*, el estado de San Luis Potosí es la región que aporta el mayor volumen de esta especie a nivel mundial, procesando 80% de la producción nacional y 70% de las exportaciones, con 3,000 t año<sup>-1</sup> (Granados-Sánchez, 2013). Estas cifras sorprenden al percatarse de que *Lippia graveolens* actualmente no está integrada en programas nacionales de manejo y/o mejoramiento agronómico a pesar de que la mayoría del insumo vegetal es de origen silvestre y más del 50% del orégano comercializado por México está fuera del control de las autoridades forestales (Huerta, 2005).

### **2.9.1. Potencial terapéutico del orégano mexicano *Lippia graveolens***

El indudable potencial económico de esta especie deviene de las múltiples aplicaciones que ostenta debido a sus propiedades organolépticas y principalmente en el contexto terapéutico basado en su contenido de terpenos, sesquiterpenos, alcoholes y aldehídos en su fracción volátil, ya que está comprobado que *L. graveolens* es fuente importante de antioxidantes, cuyo efecto de flavonoides presentes en tallos y hojas es contrarrestar la formación de radicales libres (González, 2007); sustancias (flavonoides) que tienen propiedades antialérgicas,

antivirales y vasodilatadoras (Pietta, 2000); de acuerdo con Hernández (2000) el espectro antimicrobiano (contra bacterias gram positivas y gram negativas) del orégano específicamente contra *Staphylococcus aureus* (antiinfeccioso), es debido a la presencia de glucósidos en el anillo B en las posiciones 7-O y 3-O; estudios antibacterianos demuestran que la tintura de hojas de *Lippia graveolens* es activa contra *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Shigella flexneri*, *S. aureus*, *Streptococcus pneumoniae* y *Streptococcus pyogenes*, y estudios antifúngicos demuestran que los extractos con diclorometano y etanol de esta especie son activos contra *C. albicans*, *Aspergillus flavus*, *Epidermophyton floccosum*, *M. gypseum* y *T. rubrum* (Morataya, 2006). Posee un efecto de regulación de la menstruación y como fungicida contra *Candida albicans* (emenagogo) (Cutter, 2000). Su fracción volátil posee actividad antifúngica, antimicrobiana, antiparasitaria, antibacterial, y antioxidante (Rivero-Cruz, 2011), también estos aceites son antihipertensivos y vasodilatadores (Guerrero, 2002), ansiolíticos, sedantes y miorelajantes (Zétola, 2002). La inhibición de la secreción de la ciclooxigenasa 2 (COX-2) ha sido demostrada mediante la administración de extracto de orégano en agua, exhibiendo actividad antiinflamatoria (Lenmay, 2006), siendo el ácido rosmarínico, el ácido ursólico y al ácido oleanólico los principios activos responsables de esta actividad (Shen, 2010). Por otra parte, se reporta actividad hipoglucemiante, hipotensora e hipolipemiante (Mueller, 2008), la cita anterior también demuestra que el aceite esencial de orégano inhibe a las enzimas acetilcolinesterasa y butirilcolinesterasa, las cuales están relacionadas con el Alzheimer y otras enfermedades neurodegenerativas, efecto que responde al contenido rico de monoterpenos y más específicamente en timol y carvacrol en su fracción volátil.

### **2.9.2. Aplicaciones terapéuticas del orégano en la medicina popular**

En el contexto de la medicina popular se ha registrado el empleo de orégano para contrarrestar infecciones parasitarias, controlar asma, cólicos y para regular la menstruación (Martínez, 1996); la infusión de parte aérea ha sido utilizado para tratar afecciones digestivas producidas por gripas, como tónico expectorante,

dolores musculares, trastornos nerviosos, retención de líquidos y obstrucción en vías respiratorias (Phillipson, 1983). Otras aplicaciones de infusiones son como antiespasmódicas, relajantes de músculos intestinales, para eliminar gases en tubo digestivo, antitusivo, antihelmíntico (Cutter, 2000).

### **2.9.3. Rendimiento de orégano mexicano**

Actualmente se cuenta con paquetes tecnológicos para la producción de orégano mexicano (*Lippia sp.*), no obstante, la densidad de siembra está en función de las condiciones ecofisiográficas, especie nativa de cada región. Una densidad de población alta se considera a partir de 20,00 plantas ha<sup>-1</sup>; el rendimiento de acuerdo a trabajos realizados en el estado de Chihuahua con el género *Lippia* con densidades de 31,250 plantas por hectárea arroja un rendimiento de 2,593 kg ha<sup>-1</sup> y en densidades de 25,00 plantas se obtuvieron rendimientos de 1,816 kg ha<sup>-1</sup> (CONAFOR, 2011); la anterior cita también sugiere que 600 g de cápsulas grandes y limpias de semillas son suficientes para reforestar una hectárea de área natural o establecer esta misma superficie con plantaciones de alta densidad de por lo menos 6,000 plantas ha<sup>-1</sup>. De acuerdo a estos datos puede estimarse que un SAFM con una densidad de siembra de 1,600 plantas ha<sup>-1</sup>, lograría producir 126 kg de hoja. El precio de kg de hoja de acuerdo al canal de comercialización existente es de 100 pesos.

El aprovechamiento del orégano se puede efectuar de manera adecuada cuando la planta alcanza los 80 cm de altura, esta altura puede ser obtenida a partir del segundo año en adelante, depende desde luego de las condiciones edafoclimáticas del sitio de desarrollo (Martínez, 1994).

### **2.9.4. Establecimiento, manejo y beneficio de *Lippia graveolens***

El establecimiento de la plantación del orégano implica realizar el surcado y plantación de orégano (preferentemente a tres bolillos); se realiza a inicio a del temporal de lluvias, en el caso del sitio de investigación es en el mes de julio.

Los costos por hectárea de establecimiento de *Lippia graveolens* en el diseño agromedicinal se presentan a continuación.

Cuadro 2.- Costos por hectárea del establecimiento de *Lippia graveolens* en el SAFM.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Insumos	---	600
Surcado	2	400
Plantado	2	400
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>1,400</b>

El manejo del orégano para su aprovechamiento implica realizar cortes o podas del 50 al 80% de la planta del total de su altura, los cortes se realizan en los tallos a 15 cm de la base; el aprovechamiento debe realizarse por la mañana, cuando la temperatura no es alta y los rayos solares no inciden fuertemente, evitando la volatilización del aceite esencial en las hojas. El manejo postcosecha involucra el secado del material vegetativo durante aproximadamente 72 horas, en un sitio completamente sombreado y libre de humedad; posteriormente el beneficio de la hoja se realiza mediante el golpeo del material vegetativo con una vara (vareo), hasta desprender las hojas del tallo por completo.

Cuadro 3.- Costos por hectárea del beneficio y comercialización de la hoja de *Lippia graveolens* en el SAFM.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Poda / corte	1	200
Secado	1	200
Vareo	1	400
Envasado	1	200
Comercialización	2	400
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>1,200</b>

Cuadro 4.- Costos por hectárea de la extracción y comercialización de aceite esencial de la hoja de *Lippia graveolens*.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Poda / corte	1	200
Secado	1	200
Destilación	2	400
Envasado	1	200
Comercialización	2	400
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>1,400</b>

Del beneficio de hojas de *Lippia graveolens* se obtienen como residuo los tallos del arbusto, los cuales actualmente no ostentan ningún tipo de aprovechamiento; sin embargo la cantidad y calidad de aceites esenciales (timol, p-cimeno, 1,-cineol, carvacrol,  $\gamma$ -terpineo, metil-timol, mirceno, cariofileno, linalool) presentes en tallos de acuerdo con (Morataya, 2006) tienen efecto a nivel pectoral, con un efecto antitusivo y antioxidante, debido a su actividad antiséptica, analgésica y astringente su prescripción vía oral está orientada a la atención de infecciones digestivas y respiratorias. Por lo que este remanente de tallos podría aprovecharse mediante la molienda de los tallos y empaquetado para la producción de sobres de té o infusión, , como un recurso con atributos terapéuticos dirigido a una población que ha mantenido como principal causa de morbilidad las infecciones respiratorias desde hace 29 años, es en el estado la enfermedad con mayor incidencia y la séptima causa de mortalidad; en relación a infecciones intestinales es la tercer enfermedad con mayor incidencia y segunda causa de morbilidad en SLP desde 1989 (SLPSALUD, 2018).

### **2.9.5. Aprovechamiento de los tallos remanentes del orégano**

Si de hoja se obtienen 126 kg a partir de 1,600 plantas, se podría esperar que el rendimiento de tallos fuese de por lo menos 378 kg, material que podría ser convertido en 8,400 cajas de sobres de té de 1.5 g cada uno. Si se tuviese un margen de ganancia de 10 pesos en cada caja, sería posible obtener 84,000; obteniendo una utilidad bruta de 79,800 de un producto remanente que no ha sido aprovechado.

Cuadro 5.-Costos por hectárea del beneficio, transformación y comercialización de los tallos de *Lippia graveolens*.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Poda / corte	2	400
Secado	2	400
Vareo	2	400
Molido	2	400
Empaquetado	3	600
Envasado	3	600
Embalaje	2	400
Comercialización	5	1,000
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>4,200</b>

### 2.9.6. Análisis económico de los productos de *Lippia graveolens*.

Cuadro 6.- Estimación económica de los productos derivados de *Lippia graveolens*.

<b>Producto</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Utilidad bruta</b>
Aceite E.	1,400	21,420	20,020
Hojas	1,200	12,600	11,400
Ramas	4,000	55,000	51,000

Cuadro 7.- Flujo comercial de los productos derivados de *Lippia graveolens*.

<b>Producto</b>	<b>Canales de comercialización</b>	<b>Características</b>	<b>Precio</b>
Aceite esencial	Industria alimentaria		
	Industria farmacéutica		
	Industria cosmética	kg	9,050.00
	Industria perfumería		
	Industria herbolaria		
Hojas	Industria alimenticia		
	Industria farmacéutica	kg	100.00
	Industria herbolaria		

Ramas	Industria herbolaria	kg	366.67
-------	----------------------	----	--------

El diseño de sistemas agromedicinales implica adoptar una cultura de valorización de los recursos locales, aplicando el conocimiento científico en la creación de mecanismos que vinculen los diversos eslabones de la cadena productiva en un circuito virtuoso de planta medicinal; pensando las unidades (biofísicas) regionales, locales y familiares como componentes clave en las estrategias de planeación, incluyendo especies nativas como *Lippia graveolens* que confieren beneficios en múltiples dimensiones y diversos estamentos sociales.

Para de esta manera crear productos que tienen su origen en una entidad biológica que ha atravesado numerosos procesos (en diversas escalas de tiempo) y que su conocimiento y aplicación devienen del conocimiento popular; de modo que al cultivar y transformar determinada especie, se transforme o dinamice también su entorno biofísico, sus aplicaciones, el conocimiento construido a su alrededor, la cultura, historia y se amplifique la gama de posibilidades creadas en esta especie; elaborando productos que al ser consumidos o tomados, se tome también conciencia de todos estos procesos y fenómenos que circunscriben a nuestra flora.

## **2.10. Wereke: una especie con potencial agromedicinal en zonas áridas**

### **2.10.1. Wereke: generalidades y aplicaciones terapéuticas**

El wereke (*Ibervillea* sp.) es una planta dioica perenne, nativa del norte de México, se desarrolla en zonas áridas y semiáridas de nuestro territorio. Pertenece a la familia de las cucurbitáceas (Cucurbitaceae), grupo taxonómico caracterizado por estar compuesto de plantas trepadoras, mediante zarcillos; cuyas especies son de manera general, consideradas herbáceas, y geófitas anuales (Metcalf, 1980).

El desarrollo del wereke es en forma de enredadera, sus frutos al madurar son de color rojo y posee pequeñas flores de color amarillo; la planta se caracteriza por desarrollarse (trepar) en árboles, llegando a alcanzar una altura de tres metros. Del género *Ibervillea* se conocen dos especies que se desarrollan y comercializan en

nuestro país, estas especies son *Ibervillea sonora* e *Ibervillea lindheimeri* (Kearns,1994). Posee un característico olor y muy amargo sabor.

Esta planta es conocida en la medicina popular por su eficaz efecto hipoglucemiante, antiséptico, antimicótico, antirreumático, anticancerígeno y cicatrizante; la parte utilizada es el tubérculo de la planta, la cual se vende deshidratada en hojuelas, molida y triturada.

Existen numerosos estudios sobre los atributos terapéuticos del wereke, los cuales destacan su actividad antiinflamatoria (Sotelo, 2015) e hipoglucemiante (Alarcon-Aguilar, 2015); este último atributo es debido a la presencia en la biomasa subterránea del wereke, de once monoglicéridos y cinco ácidos grasos (ácido láurico, mirístico, palmítico, linoleico y linolénico) (Hernández-Galicia, 2007) y el efecto anti diabetogénico responde principalmente a presencia de compuestos liposolubles.

La evidencia de que los triterpenos tienen actividad antihiperoglucemiante en ratones diabéticos, pero sean inactivos en ratones sanos, indica que estos compuestos actúan en animales cuya función de la insulina es deficiente ya sea por falta de producción de esta hormona o por su poca interacción con sus receptores (Hernández 2014).

La disminución de niveles de glucosa y triglicéridos en sangre, además de su efecto preventivo del aumento de peso, ha sido documentado por Rivera-Ramírez (2011), autor que además demuestra que la oxidación de lípidos en hígados de ratas con obesidad e hiperglicemia inducida se reduce mediante la administración de extracto acuoso de wereke. En otra perspectiva, Zapata-Bustos (2014) reporta que compuestos hidrosolubles como los fenoles y principalmente el ácido gálico, son responsables de dicho efecto. También se ha validado científicamente la eficacia de *Ibervillea* para el tratamiento de enfermedades asociadas con el cáncer, mediante la comprobación de su actividad citotóxica contra el linfoma murino, esto debido muy probablemente a la presencia de cucurbitacinas en el wereke (Quintanilla-Licea 2016).

Las cucurbitacinas son metabolitos secundarios típicos de la familia cucurbitácea, sin embargo, las cucurbitacinas aisladas de *Ibervillea lindheimeri* tienen sustituyentes oxidados, como varias otras especies de la familia Cucurbitaceae, mientras las cucurbitacinas aisladas de *I. sonorae* no presentan sustituyentes; esto implica diferencias quimiotaxonómicas entre estas dos especies del género *Ibervillea* que son nativas de nuestro país (Hernández 2014).

En relación a su efecto antimicrobiano, se ha comprobado su eficacia contra patógenos como *Helicobacter pylori* Robles-Zepeda (2011), *Shigella flexneri*, *Staphylococcus*, *Fusarium verticillioides*, y *Aspergillus niger* (Ruiz-Bustos 2009), así como para *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens* (Núñez-Gastélum 2018).

#### **2.10.2. Distribución y comercialización de *Ibervillea* sp.**

Esta especie se distribuye en las zonas áridas y semiáridas en los estados de Sinaloa, Nayarit, Sonora, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí.

En la actualidad existen dos regiones principales que suministran la mayoría del material vegetativo comercializado, el Desierto de Sonora y el Desierto Chihuahuense; los principales centros de comercialización en el país son la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, en el mercado internacional destacan las ciudades de Los Ángeles, San Antonio y Guatemala (Domínguez 2017); la investigación anterior, realizada por el autor zacatecano Uriel, quien presenta la cadena de valor de esta especie, que es recolectada en el municipio de Catorce; acopiada por habitantes de este sitio y vendida a los acopiadores a un precio de entre 30 y 50 pesos, posteriormente estos actores suministran la materia vegetal a la industria herbolaria en un precio que oscila entre \$ 333 y \$ 750; finalmente el precio del wereke en el mercado nacional oscila entre los mil y los 3 mil 777 pesos y en el mercado internacional tiene un precio de entre mil y 12 mil 486 pesos.

Al analizar los atributos terapéuticos y la cadena de valor del wereke, es posible reconocer su indiscutible potencial agromedicinal, debido a su viabilidad económica

y la viabilidad ecológica de la especie en el sitio de investigación, puesto que es una especie medicinal nativa, no obstante, actualmente esta especie no se cultiva en el sitio de investigación, todo el material vegetativo que se sustrae de esta área proviene de poblaciones silvestres.

### 2.10.3. Costos de Aprovechamiento del Wereke

El establecimiento del wereke en el sistema agromedicinal implica la plantación del tubérculo, el cual es propagado de forma asexual. A pesar de ser una especie geófito y caudice, y que el mayor porcentaje de su biomasa es subterránea, el volumen ocupado por esta especie no es muy grande; la porción aérea es una enredadera anual que requiere una planta como tutor para poder desarrollarse, por lo que su asociación con estratos superiores es trascendental.

En el diseño agroforestal propuesto (mezquite, nopal, orégano y wereke) se contempla una densidad de 1,600 plantas de nopal (al igual que de orégano) por hectárea, distribuidas en 8 hileras con una distancia de un metro entre hileras y 50 cm entre plantas y una densidad de siembra de 100 árboles de mezquite ha<sup>-1</sup>. Aprovechando los nopales y mezquites como especies tutoras del wereke, es posible plantar una densidad mínima de 1,700 plantas de esta cucurbitácea.

La plantación de esta especie se recomienda al inicio de la temporada de lluvias, que es el mes de julio para este sitio de investigación; los costos por hectárea de establecimiento de *Ibervillea* sp. en el diseño agromedicinal se presentan a continuación:

Cuadro 8.- Costos por hectárea del establecimiento de *Ibervillea* sp. en el SAFM.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Producción de plántula	5	1,000
Insumos de producción de plántula	---	1,500
Preparación de la plántula	3	600
Sembrado	2	400
Aporque	2	400
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>3,900</b>

El manejo en el sistema de producción del wereke implica únicamente la supervisión del crecimiento de su biomasa aérea, ubicarla en tiempo y forma deseado para direccionar su desarrollo en la planta tutora. Para su beneficio, es necesario desenterrar el tubérculo, limpiarlo, cortarlo en rodajas y secarlo a la sombra a temperatura ambiente por aproximadamente 160 horas. Se comercializa en hojuelas deshidratadas y como suplemento debe ser molido o pulverizado y encapsulado o en comprimidos, en función del canal de comercialización. A continuación, se presentan los costos por hectárea del beneficio y comercialización del wereke.

Cuadro 9.- Costos por hectárea del beneficio y comercialización del wereke.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Cosecha	2	400
Deshidratado	2	400
Molido	1	200
Insumos	---	3,000
Encapsulado	3	600
Envasado	2	200
Embalaje	1	400
Comercialización	4	800
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>6,000</b>

De 1,700 plantas instaladas, se estima que es posible obtener alrededor de 200 kg de material vegetativo deshidratado, tomando un 20% del peso original del material fresco, en un periodo aproximado de siete años. Considerando que el precio del wereke por kilo en suplementos alimenticios es de entre 1,000 y 3,777 pesos en el comercio mayorista (Domínguez 2017), se estima que posible obtener un ingreso de por lo menos 200,000 en su comercialización como suplemento alimenticio.

#### **2.10.4. Análisis económico de producción, ingreso y utilidad bruta**

Cuadro 10.- Estimación económica de los costos de producción, ingreso y utilidad bruta generada por el remedio herbolario de wereke.

<b>Producto</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Utilidad bruta</b>
Cápsulas	9,900	200,000	190,100

Si bien es importante reconocer el potencial económico y terapéutico de esta especie nativa, también es sustancial que se considere a esta especie dentro de los programas básicos de manejo y mejoramiento agronómico, ya que es un recurso hipoglucemiante y anti diabetogénico en auge, debido a que en México más del 70% de la población adulta tiene sobre peso y se estima que 90% de los casos de diabetes mellitus tipo 2 se atribuyen al sobrepeso y la obesidad (Dávila 2015); además en la actualidad nuestro país ocupa el noveno lugar mundial en la prevalencia de diabetes y se estima que para 2025 ocupará el sexto o séptimo lugar (Arredondo 2011).

En este sentido es trascendental que se creen circuitos virtuosos de planta medicinal que generen retornos en educación, medioambiente, salud, cultura y economía, desarrollando estrategias de aprovechamiento sostenibles o conservacionistas, las cuales ponderen los recursos locales en función de las necesidades de carácter rural, urbano e industrial.

#### **2.10.5. Literatura Citada**

- Abdullaev, F. (1997). Antitumor effect of plant lectins. *Natural toxins*, 5 (4), 157-163.
- Ahmad, A. (1988). Antibacterial activity of an alkaloidal fraction of *Prosopis juliflora*. *Fitoterapia*, 59, (481-484).
- Alarcon-Aguilar, F. J., Calzada-Bermejo, F., Hernandez-Galicia, E., Ruiz-Angeles, C., & Roman-Ramos, R. (2005). Acute and chronic hypoglycemic effect of *Ibervillea sonorae* root extracts-II. *Journal of ethnopharmacology*, 97(3), 447-452.
- Alberto, A. (2000). Aprovechamiento de bosque de mezquite con sistema silvopastoril-apícola en la llanura de Río Verde, SLP. INIFAP.
- Aqueel, A. (1989). Antimicrobial activity of julifloricine isolated from *Prosopis juliflora*. *Arzneimittel-forschung*, 39(6), 652-655.
- Armando, R. (1991). Reforestación con mezquite en la zona media y altiplano potosino. Centro de investigaciones forestales y agropecuarias de San Luis Potosí, 1-14.
- Arredondo, A., & De Icaza, E. (2011). Costos de la diabetes en América latina: evidencias del caso mexicano. *Value in health*, 14(5), S85-S88.

- Blanquet, J. (2015). Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. México.
- Bósquez, E. (2005). Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4 (2).
- Bouhleb, I. (2007). Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in different extracts from the leaves of *Acacia salicina* from center of Tunisia. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23 (1), 56-53.
- Bruneton, J. E. A. N. (2001). *Fitoquímica plantas Medicinales*. Editorial Acribia, SA segunda edición Zaragoza (España).
- Burciga, R. (1998). Cultivo y beneficio de hule: Alternativas de inversión rentables para el trópico húmedo Mexicano. *FIRA*, 307 (68).
- Casillas, A. (1990). *Nosología mítica de un pueblo: medicina tradicional huichola*. Guadalajara, Jal.: Universidad de Guadalajara.
- Castillo-Villanueva, A. (2005). Lectinas vegetales y sus efectos en el cáncer. *Revista de investigación clínica.*, 57 (1), 55-64.
- Catalán, L. (1997). *Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina*. FAO-PNUMA.
- CEFIMSLP. (2009). [www.cefimslp.gob.mx](http://www.cefimslp.gob.mx). Retrieved from [http://cefimslp.gob.mx/monografias\\_municipales/2012/venado/files/venado.12.pdf](http://cefimslp.gob.mx/monografias_municipales/2012/venado/files/venado.12.pdf):  
[http://cefimslp.gob.mx/monografias\\_municipales/2012/venado/files/venado.12.pdf](http://cefimslp.gob.mx/monografias_municipales/2012/venado/files/venado.12.pdf)
- Chavez, A. (2015). *La vaina del mezquite en la alimentación del ganado*.
- CONABIO. (2005). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México: CONABIO.
- CONAFOR. (2009). *Fichas de información comercial de productos forestales*. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología. Ciudad de México: Fondo Sectorial para la Investigación, Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal.
- CONAFOR. (2009). *Impacto de las actividades económicas en los recursos agua, suelo y vegetación*. Terra Latinoamericana.
- CONAFOR. (2009). *Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado*. Sonora, México: CONAFOR.

- CONAFOR. (2011). Paquete tecnológico para la producción de orégano (*Lippia* sp.). Zapopan, Jalisco.: SEMARNAT.
- CONAZA. (1994). Mezquite (*Prosopis* sp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Mexicano de Ecología.
- CONEVAL. (23 de mayo de 2019). Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Obtenido de Medición de la Pobreza: [https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/AE\\_pobreza\\_municipal.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/AE_pobreza_municipal.aspx)
- Corona, F. (2000). Análisis químico proximal de la vaina del mequite (*Prosopis glandulos* var. *Torreyana*) en árboles podados y no podados, en diferentes etapas de fructificación. Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado.
- Cruz, J. (2003). Chichimecas, misioneros, soldados y terratenientes: estrategias de colonización, control y poder en Querétaro y la Sierra Gorda, siglos XVI-XVIII. Archivo General de la Nación.
- CRUZ, P. H. (2005). Las lectinas vegetales como modelo de estudio de las interacciones proteína-carbohidrato. *Revista de educación bioquímica.*, 24(1), 21-27.
- Cutter, N. (2000). Antimicrobial effect of herb extracts against *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* associated with beef. *Journal of Food Protection*, 63 (5), 601-607.
- Dáguer, B. (2011). El tejido social como elemento creador y transformador del centro histórico en Getsemaní, Cartagena. Cartagena: Facultad de Arquitectura y Diseño.
- Dávila, J., González, J. J., & Barrera, A. (2015). Panorama de la obesidad en México. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 53(2).
- Domínguez, É. U. (2017). Gobernanza de la Cadena de Valor del Wereke (*Ibervillea* spp.) en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí. Ciudad de México: Altas y Bajas, Servicios Editoriales, Sociedad Cooperativa de R.L. de C.V.
- Dominguez, É. U. (2017). Gobernanza en la cadena de valor del wereque (*Ibervillea* spp.) en la sierra de Catorce, San Luis Potosí. Ciudad de México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- Duranti, M. &. (1997). Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Research.*, 53(1-3), 31-45.
- Eden Botanicals. (18 de Octubre de 2018). Eden Botanicals Catalog. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de Eden Botanicals Catalog: [www.edenbotanicals.com](http://www.edenbotanicals.com)

- Elvia, R. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis levigata* Humb. & Bonpl. ex Willd) en México. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 173-193.
- Fincher, G. (1983). Arabinogalactan-proteins: structure, biosynthesis, and function. *Annual Review of Plant Physiology*, 47-70.
- Folliott, P. (1983). Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. *University of arizona web journal*.
- Galeano, E. (1972). *Las venas abiertas de América Latina*. Uruguay: Departamento de Publicaciones, Universidad de la República.
- Ganguly, C. (1994). Plant lectins as inhibitors of tumour growth and modulators of host immune response. *Chemotherapy*, 40 (4), 272-278.
- Giménez, J. (2003). Las comunidades vegetales de la Sierra de Angangueo (estados de Michoacán y México, México): clasificación, composición y distribución. *Lazaroa*, (24), 87-111.
- González, C. (2007). Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK var. *berlandieri* Schauer). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(1).
- Granados. (2011). *Ecología de la Vegetación del Desierto Chihuahuense*. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, volumen XVII, 1,2,3.
- Granados-Sánchez, D. (2013). *Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (Lippia graveolens HBK) en Mapimí, Durango*. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 305-322.
- Guerrero, F. (2002). Assessment of the antihypertensive and vasodilator effects of ethanolic extracts of some Colombian medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 80 (1), 37-42.
- Gupta, Y. P. (1987). Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant foods for human nutrition*, 37(3), 201-228.
- Hernández, H. (2004). Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard papers in Botany.*, 9, 51-68.
- Hernández, J. L. F. (2014). Estudio quimiotaxonómico y efecto sobre la glucemia del güereque: *Ibervillea lindheimeri* (A Gray) Greene.
- Hernández, R. (2001). Establecimiento y manejo de un módulo silvopastoril de mezquite en la zona media de San Luis Potosí. *SAGARPA-INIFAP-CIRNE.*, 15, 1-26.

- Hernández. (2000). Antimicrobial activity of flavonoids in medicinal plants from Tafi del Valle (Tucuman, Argentina). *Journal of Ethnopharmacology*, 73 (1-2), 317-322
- Hernández-Xolocotzi. (1985). *Xolocotzia*. Dirección de Centros Regionales Universitarios de la UACH.
- Hersch, P. (2015). La doble subordinación de la etnobotánica latinoamericana en el descubrimiento y desarrollo de medicamentos: algunas perspectivas. *Etnobiología*, 2(1), 103-119.
- Huerta, C. (2005). Orégano mexicano: oro vegetal. 15(1), 8-13.: *Biodiversitas*.
- Humboldt, A. (1978). *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*. México: 3a ed. Serie: Sepan.
- Hunt, D. (1999). *Cactaceae Checklist*. Royal Botanic Gardens., International Organization of Succulent Plant Study, England.
- INEGI. (2005). VII Censo general de Población y Vivienda 2000. San Luis Potosí: INEGI.
- INEGI. (2016). (27 de abril de 2016). INEGI. Obtenido de Censos Agropecuarios y Ejidales: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/agro/amca/>
- INEGI. (2017). *Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de San Luis Potosí 2017*. San Luis Potosí.: INEGI.
- INIFAP. (2011). Establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en Taumulipas. Tamaulipas: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- INSP. (2012). Encuesta nacional de salud y nutrición resultados por entidad federativa. Encuesta nacional de salud y nutrición, 19-21.
- Jiménez, A. (2011). *Herbolaria mexicana*. Ciudad de México: Mundi Prensa.
- Kearns, D. M. (1994). The genus *Ibervillea* (Cucurbitaceae): an enumeration of the species and two new combinations. *Madroño*, 13-22.
- Kingsolver, J. (1977). *Prosopis* as a niche component. Its biology in two desert scrub ecosystems, 123-149.
- Knibbs, R. (1994). Wild-type and cultured Ehrlich ascites tumor cells differ in tumorigenicity, lectin binding patterns and binding to basement membranes. *Glycobiology*, 4 (4), 419-428.
- Lenmay, M. (2006). anti-inflammatory phytochemicals: in vitro and ex vivo evaluation. *Phytochemicals*, 1, 41-60.

- Lin, J. (1970). Abrin and ricin: new anti-tumor substances. *Nature.*, 227 (5255), 292.
- López-Fanco, Y. (2006). Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia*, 31 (183-189).
- Lundell, C. (1969). *Flora of Texas* (Vol. 2). Texas: Renner: Texas Research Foundation.
- Maldonado, L. (2000). El mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. El mezquite árbol de usos múltiples: estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, 37-50.
- Martínez, G. (2011). El cultivo del Hule en México. Libros Técnicos Serie Forestal UAIM.
- Martínez, P. (1996). Destino común: Los recolectores y su flora medicinal. Ciudad de México: INAH.
- Matteucci. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Buenos Aires, Argentina: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa General de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Matuda, E. (1980). Las plantas mexicanas del género Yucca. Ciudad de México: Colección miscelánea Estado de México.
- Medina, N. (2013). Chemical composition of rangeland forage and its relationship with the chemical composition of the milk of native goatstive goats. *Interciencia*, 38 (2), 132-138.
- Metcalf, R. L., Metcalf, R. A., & Rhodes, A. M. (1980). Cucurbitacins as kairomones for diabroticite beetles. *Proceedings of the national academy of sciences*, 77(7), 3769-3772.
- Monroy, L. (2014). El mezquite (*Prosopis leavigata*) alternativa económica para el Valle del Mezquital. Ciudad de México: UNAM.
- Montejano, R. (1993). El Real de Minas de la Purísima Concepción de los Catorce, SLP. Ciudad de México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Morataya, A. (2006). Caracterización Farmacopéica de cuatro plantas aromáticas nativas de Guatemala Albahaca de monte (*Ocimum micranthum*), Orégano (*Lippia graveolens*), Salvia sija (*Lippia alba*) y Salviyá (*Lippia chiapasensis*). En A. Morataya, Caracterización Farmacopéica de cuatro plantas aromáticas nativas de Guatemala Albahaca de monte (*Ocimum micranthum*), Orégano (*Lippia graveolens*), Salvia sija (*Lippia alba*) y Salviyá (*Lippia chiapasensis*). (págs. 68, 22-55). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Mueller, M. (2008). Oregano: a source for peroxisome proliferator-activated receptor & antagonists. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56 (24), 11621-11630.
- Nasi, A. (2009). Proteomic approaches to study structure, functions and toxicity of legume seeds lectins. Perspectives for the assessment of food quality and safety. *Journal of Proteomics.*, 72 (3), 527-538.
- Pasiecznik, N. (2001). The prosopis juliflora- Prosopis pallida complex: a monograph. Coventry: HDRA., vol. 72.
- Pérez, G. (2009). Tecnologías para el manejo integral de bosques de Mezquite en el norte de México. 4-7.
- Permisán, J. (2004). Documentos sobre el capitán y justicia mayor Gabriel Ortiz de Fuenmayor. El Colegio de San Luis.
- Peumans, W. (1995). The role of lectins in plant defense. *The Histochemical Journal*, 27 (4), 253-271.
- Philip, P. (1977). La guerra chichimeca (1550-1600). Fondo de Cultura Económica.
- Phillipson, D. (1983). Medical botany: Plants affecting man's health. *Trends in Pharmacological Sciences*, 4, 92-93.
- Pietta, G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*, 63(7), 1035-1042.
- Quintanilla-Licea, R., Gomez-Flores, R., Samaniego-Escamilla, M. Á., Hernández-Martínez, H. C., Tamez-Guerra, P., & Morado-Castillo, R. (2016). Cytotoxic Effect of Methanol Extracts and Partitions of Two Mexican Desert Plants against the Murine Lymphoma L5178Y-R. *American Journal of Plant Sciences*, 7(11), 1521.
- Reséndiz, N. (2016). Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16.
- Reyes, O. (2007). Situación productiva del ecosistema mezquital en el ejido Acacio Durango. Torreón, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rincón. (2014). Lectinas de leguminosas: significación nutricional, toxicidad y aplicaciones. Departamento de Pediatría, Inmunología, Obstetricia y Ginecología, Nutrición y Bromatología, Psiquiatría e Historia de la Medicina.
- Rivano, F. (1999). Determinación de un programa de control integral de la enfermedad sudamericana de la hoja, causada por *Microcyclus ulei* en hule (*Hevea brasiliensis*). Consejo Mexicano del Hule.

- Rivera-Ramírez, F., Escalona-Cardoso, G. N., Garduno-Siciliano, L., Galaviz-Hernández, C., & Paniagua-Castro, N. (2011). Antiobesity and hypoglycaemic effects of aqueous extract of *Ibervillea sonorae* in mice fed a high-fat diet with fructose. *BioMed Research International*, 2011.
- Rivero-Cruz, I. (2011). Chemical composition and antimicrobial and spasmodic properties of *Poliomintha longiflora* and *Lippia graveolens* essential oils. *Journal of food science*, 76(2), C309-C317.
- Robles-Zepeda, R. E., Velázquez-Contreras, C. A., Garibay-Escobar, A., Gálvez-Ruiz, J. C., & Ruiz-Bustos, E. (2011). Antimicrobial activity of Northwestern Mexican plants against *Helicobacter pylori*. *Journal of Medicinal Food*, 14(10), 1280-1283.
- Rocha, R. (2006). *Comunidades: Métodos de Estudio*. Facultad de Estudios Superiores de Iztacala.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ruiz-Bustos, E., Velazquez, C., Garibay-Escobar, A., García, Z., Plascencia-Jatomea, M., Cortez-Rocha, M. O., ... & Robles-Zepeda, R. E. (2009). Antibacterial and antifungal activities of some Mexican medicinal plants. *Journal of medicinal food*, 12(6), 1398-1402.
- Rzedowski. (1994). *Vegetación de México*. México: Noriega Editores.
- SAGARPA. (2001). *Manual de Patología Apícola*. México.: Cordinación General de Ganadería.
- Sauceda, E. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis leavigata* Humb. & Bonpl. ex Willd) en México. *Ra Ximhai*, 10 (3).
- SEDUVOP. (2006). *Plan de Desarrollo Urbano de Catorce, S.L.P.* San Luis Potosí: Secretaría de Desarrollo Urbano Viviendas y Obras Públicas (SEDUVOP).
- SEGAM. (2008). *Plan de Manejo del Sitio Sagrado Natural de Wirikuta*. San Luis Potosí.
- SEMARNAT. (2012). *Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida reserva de la biósfera Wirikuta*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 6-8.
- Sepúlveda, L. (2007). El mercurio, sus implicaciones en la salud y en el ambiente. *Revista Científica Luna Azul*, 1909-2474.
- Shen, D. (2010). LC-MS method for the simultaneous quantitation of the anti-inflammatory constituents in oregano (*Origanum* species). *Journal of agricultural and food chemistry*, 58 (12), 7119-7125.

- Shoham, J. (1970). Differential toxicity on normal and transformed cells in vitro and inhibition of tumour development in vivo by concanavalin A. *Nature.*, 227 (5264), 1244.
- Sierra, C. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria - UNAM*, 12.
- Signoret, P. (1970). Datos sobre algunas características ecológicas del Mezquite (*Prosopis leavigata*) y su aprovechamiento en el valle del mezquital. *Mezquites y Huizaches*, 73-146.
- SLPSALUD. (2018). Diagnóstico sectorial del sector salud San Luis Potosí 2018. San Luis Potosí: SLPSALUD.
- Sosa, G. (2007). Tecnologías para el manejo integral de bosques de mezquite en el norte de México.
- Sotelo, M. G. R., Cortés, E. G., Llanos, A. I. C., Guzmán, A. B. P., & del Toro, G. V. Desarrollo de una forma farmacéutica semisólida de *Ibervillea sonora* con actividad anti-inflamatoria. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología.
- Soto, X. (2014). Aprovechamiento del fruto del mezquite (*Prosopis glandulosa* y *Prosopis* spp) en las zona de San Luis Rio Colorado para la elaboración y comercialización de harina de alto valor nutricional. *Cuerpos Académicos*, 1.
- Sthiya, M. (2008). Investigation of phytochemical profile and antibacterial profile and antibacterial potential of ethanolic leaf extract of *Prosopis juliflora* DC. *Ethnobotanical leaflets*, 1(167).
- Taisma, M. (2017). Usos medicinales de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en comunidades rurales de la península de Paraguaná, Venezuela. *Revista peruana de biología*, 24 (1), 79-86.
- Velázquez, P. (1897). Colección de documentos para la historia de San Luis Potosí. San Luis Potosí.
- Vernon-Carter, E. (2000). Mesquite gum (*Prosopis* gum). *Developments in food science*, 41 (217-238).
- Villarreal, J. (2017). El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botánica Mexicana*, (118) 65-96.
- Vimal, O. (1986). *Prosopis juliflora*: chemistry and utilization. *Wasteland Development: Agroforestry Center*, 1-8.
- Ward, H. (1985). México en 1827. *Selecciones*.

- Youl, J. (1998). Arabinogalactan-proteins from *Nicotiana glauca* and *Pyrus communis* contain glycosylphosphatidylinositol membrane anchors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95 (7921-7926).
- Zapata-Bustos, R., Alonso-Castro, Á. J., Gómez-Sánchez, M., & Salazar-Olivo, L. A. (2014). *Ibervillea sonora* (Cucurbitaceae) induces the glucose uptake in human adipocytes by activating a PI3K-independent pathway. *Journal of ethnopharmacology*, 152(3), 546-552.
- Zétola, m. (2002). CNS activities of liquid and spray-dried extracts from *Lippia alba*-Verbenaceae (Brazilian false melissa). *Journal of Ethnopharmacology*, 82 (2-3), 207-215.

### 3. ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE LA FLORA DE LAS SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES, MUNICIPIO DE CATORCE, S.L.P.

#### 3.1. Resumen

En escenario ecofisiográfico del matorral xerófito de México gesta una relación particular entre el medio ambiente y el hombre que lo habita. En este sitio de investigación, los pueblos originarios han subsistido aprovechando recursos biológicos de su entorno, así la permanencia de la sociedad ha estado basada mayormente en intercambios ecológicos, que en intercambios económicos; sus limitados recursos generan una dinámica afanosa del hombre por conocer la flora nativa en aras de aprovecharla; estimulados a establecer estrategias de aprovechamiento que garanticen el flujo continuo de los recursos que constituyen la base de su supervivencia. De esta manera un gran número de plantas son empleadas con fines medicinales, alimenticios, forrajeros, combustibles, material de construcción o como elementos ornamentales, textiles y agroforestales como cercas vivas, huertos caseros y bosques artificiales. El objetivo de esta investigación fue conocer los diversos usos que se le dan a la flora los pobladores del sitio de investigación, con la intención de conocer algunas de las estrategias terapéuticas y agroforestales con flora nativa del desierto del municipio de Catorce, San Luis Potosí, México.

**Palabras clave:** planta medicinal, etnobotánica, zona árida.

#### Abstract

The ecophysiological scenario of Mexico's xerophytic scrub there is a particular relationship between the environment and the man who inhabits it. In this research site, the native peoples have subsisted using the biological resources of their environment, which meaning the permanence of society has been mostly in ecological exchanges, that in economic exchange; the limited resources the generate in the man a persistent dynamic of know the native flora in order to take advantage of it; the inhabitants are forced to establish exploitation strategies that guarantee the continuous flow of the resources that form the basis of their survival. In this way a large number of plants are used for medicinal purposes, food, fodder, fuel, building materials or ornamental elements, textiles or agroforestry as live fences, home gardens and artificial forests. The objective of this investigation was to know the diverse uses that are given to the flora by the inhabitants of the research site, with the intention of knowing some therapeutic and agroforestry strategies with the native flora of the desert in the municipality of Catorce, San Luis Potosí, Mexico.

**Key words:** planta medicinal, etnobotánica, zona árida.

### **3.2. Introducción**

#### **Medicina popular: participación en un proceso colectivo de evolución**

El término medicina tradicional o popular se expuso principalmente mediante la antropología y sociología, ante la necesidad de denominar al conjunto de conceptos, prácticas y recursos empleados por la cultura de una comunidad que se encuentra al margen, en interacción o contrapuesto a la medicina universitaria e institucional (Casillas, 1990). De manera que un sistema terapéutico de esta naturaleza se compone por un sistema de ideas y técnicas que responden a la cultura de un tejido social.

En este contexto es necesario considerar que la medicina popular es un fenómeno social, debido a la participación en un proceso colectivo que dio origen, desarrollo, profilaxis y evolución a un conjunto de objetos que confirieron al hombre la posibilidad de restaurar y conservar su salud. De manera que el sistema terapéutico de flora medicinal es el resultado de un espacio creado, en el cual se han tejido significaciones, ha sido enriquecido por la cultura, experimentación, recursos, capacidades, racionalidades, necesidades, y viceversa, la medicina popular ha dinamizado nuestro tiempo-espacio.

#### **Concepto de salud-enfermedad un proceso social**

El conocimiento generado alrededor de una planta medicinal es interdependiente del proceso de construcción del concepto de salud-enfermedad; la Organización Mundial de la Salud, por ejemplo, define la salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS, 1948). De modo que el concepto de salud-enfermedad difiere entre sociedades o culturas, debido a que el bienestar físico, mental y social incluye componentes biológico-estéticos, psicológicos, de comportamiento, un sistema de valores y conductas configurado por una sociedad determinada y aquellos elementos que sustentan la satisfacción social la cual es única en cada cultura.

En este tenor la investigación de la flora como recurso terapéutico demanda una indagación en diversas áreas del conocimiento, para poder construir una visión integral de este recurso a través de las diferentes escalas del tiempo, revalorizando

los distintos ritmos de los procesos (y su conexión entre ellos) que gestaron este fenómeno social. Tal como describe Paul Hersch Martínez la flora útil empleada en el saber popular ostenta una racionalidad que trasciende la bioprospección actual, la cual es unidireccional, prospección que abreva de la diversidad pero que se proyecta en dirección contraria (Hersch, 2015).

### **Conciencia evolutiva**

Con el fin de comprender y reapropiar a la flora curativa en toda su profundidad, es trascendental adquirir una “*conciencia de evolutiva*”, es decir, reaccionar nuestra facultad de recordar y percibir el tiempo en toda su profundidad. Ello permite que, al defender, restaurar, cultivar, emplear, promover y conservar la flora curativa, nos reconozcamos como un vínculo existente entre diversos procesos históricos, y la constelación de ideas y técnicas subyacentes de su empleo como recurso medicinal. Este mecanismo de construir, transmitir y aplicar el conocimiento científico, vuelca su interés sobre los recursos naturales locales, mediante la creación de aparatos de uso conservacionista del entorno, respetando los diversos procesos (geológicos, orgánicos, climáticos, sociales y culturales) que originaron esta *>oferta natural<*.

En este orden de ideas es pertinente exaltar la flora nativa como una ventaja competitiva y privilegio, herencia que gozamos los mexicanos, y en particular en este “*Sitio Sagrado Natural*” a través del tejido social, espacio en el que se ha hilvanado el significado de elementos biológicos y culturales; este espacio multidimensional, ha sido reconocido y protegido por el Estado en este sitio, desde el año 2000, fecha en la que se declaró al sitio como área de reserva estatal en el estatus de “*Sitio Sagrado Natural*”, que se define como: “*Aquellas áreas naturales en las que se conjugan valores de importancia para la conservación de la biodiversidad y espacio sagrado donde la realidad es vista y percibida, desde lo mágico, espiritual y natural, en esos espacios se realizan manifestaciones, visitas, prácticas y ceremonias rituales de los mismos pueblos*”. Este fenómeno social de interpretación del espacio ha acumulado conocimiento sobre la flora nativa, particularmente sobre su uso medicinal.

## **Panorama socioeconómico**

El acceso a servicios en unidades médicas en servicio de instituciones públicas del sector salud es limitado por el bajo número de unidades médicas, así como de personal; las condiciones socioeconómicas y ecofisiográficas gestan un panorama en el que las oportunidades de desarrollo son escasas por lo cual la migración es un fenómeno acentuado, así como el descenso en el número de habitantes en este sitio, situación análoga a gran parte de la zona desértica y semidesértica en el altiplano.

En el municipio de Catorce de acuerdo a (INEGI, 2005) del año 1997 al 2003 el incremento en el número de unidades médicas en servicio de instituciones públicas del sector salud fue de una unidad, de ocho a nueve unidades en total, en este mismo periodo, en el municipio el porcentaje de partos sufrió un descenso del 20% (el hospital más cercano al municipio se ubica a 79 km en la ciudad de Matehuala). De acuerdo al plan de desarrollo municipal de Catorce 2012 para este año se contaba con 8 unidades médicas en el distrito, las mismas que en 1997 y una menos que en 2003.

CONEVAL, (2010) evaluó que 95.2% de la población en el municipio sufre algún grado de pobreza y/o vulnerabilidad. El número de habitantes reportado para el año 1990 en el municipio fue de 17,274 habitantes, mientras que (INEGI, 2017) reporta 9,705 habitantes en el año 2015, la población disminuyó 56.2% en veinticinco años.

El principal padecimiento en el sitio de estudio, son las infecciones respiratorias desde hace 29 años, a nivel estatal esta es la enfermedad con mayor incidencia y la séptima causa de mortalidad; en relación a infecciones intestinales es la tercera enfermedad con mayor incidencia y segunda causa de morbilidad en SLP desde 1989 (SLPSALUD, 2018).

### **3.3. Materiales y Métodos**

Para conocer los usos medicinales y agroforestales de la flora nativa, se realizaron entrevistas semiestructuradas con personajes clave: pobladores, productores, médicos tradicionales, vendedores, recolectores y consumidores de planta medicinal; ya que de acuerdo con (Díaz, 2013), la entrevista semiestructurada es

un vehículo flexible para concretar la interpretación del espacio-tiempo de un objeto de estudio definido. Las entrevistas se llevaron a cabo en el poblado de Real del Catorce, Los Catorce, Estación Catorce, Estación Wadley, Ranchitos de Coronados, El Tecolote, Tanque de Dolores y Lavaderos, comunidades aledañas al municipio de Catorce, S.L.P., el cual está compuesto por dos provincias fisiográficas: a) la provincia de la sierra madre oriental (PSMO) y b) la provincia Mesa del Centro (PMC), (CONANP, 2012). La temperatura media anual es 16. 6° C, con una máxima de 37° C y una mínima de - 7° C. La precipitación anual promedio es de 311 mm. (SEDUVOP, 2006).

Se indagó acerca de los principales usos agroforestales-medicinales que tienen las especies en cada sitio y su técnica de empleo.

Se identificaron las especies medicinales en el sitio y aquellas que no fue posible su identificación en campo fueron colectadas y prensadas para su identificación en el herbario de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

### 3.4. Resultados y Discusión

Mediante las entrevistas y recorridos de campo se registraron e identificaron 52 especies que representan algún uso como alimento, medicina, forraje, textil, material de construcción, leña, enteógeno y/o como especie comercializada en la región. Los usos más frecuentes de la flora son: como recurso terapéutico (25%), forrajero (21%), alimenticio (13%) y agroforestal (12%).

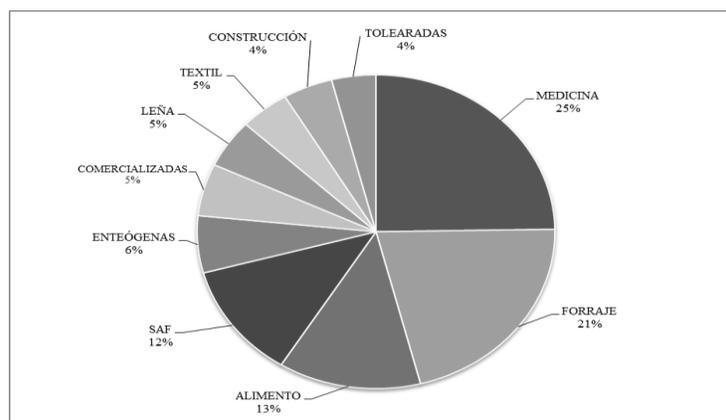


Figura 2.- Usos de la flora en poblados del municipio de Catorce, S.L.P.

En el cuadro 1 se presentan los diversos usos y técnicas de empleo de la flora nativa de los sitios de estudio.

Cuadro 11.- Usos y técnicas de empleo de las 52 especies medicinales registradas en el sitio de investigación.

Especie	Usos y Técnicas de Empleo de las Especies
Yerba amarga / Estafiate ( <i>Artemisia filifolia</i> )	El té de la parte aérea es empleado para enfermedades en vías respiratorias mediante infusiones y vaporizaciones, en té para problemas en el sistema digestivo y cólico.
Maguey cenizo / áspero ( <i>Agave asperrima</i> )	El cocido de penca es empleado para bajar el azúcar (niveles de glucosa en sangre), también es usado para regular la menstruación y >>se toma cuando hay bochornos<< (síntomas de la menopausia).
Lechuguilla ( <i>Agave lechuguilla</i> )	Las pencas u hojas son maceradas y agitadas en agua para hacer espuma y empleada como jabón, con esta agua se lava ropa, heridas y a los animales; >>el cocido de sus pencas en ocasiones se usa cuando hay enfermedad de la sangre<< (anemia). La cocción de pencas con sangre de drago ( <i>Jatropha dioica</i> ) se usa para bañar animales con sarna.
Maguey verde ( <i>Agave macroculmis</i> )	>>El pulque se usa para el insomnio y se le da en ayunas a los niños para que no se enfermen del estómago y para quitar lo chiqueón<<
Maguey pulquero ( <i>Agave salmiana</i> )	Sus pencas cocidas ayudan a bajar el azúcar (niveles de glucosa en sangre). El aguamiel y pulque se toma en ayunas para prevenir diabetes y enfermedades estomacales; la cocción de la espina apical se consume cuando hay afección en la próstata. Esta especie es particularmente empleada en sistemas agroforestales ya que constituye una fuente importante de alimento, forraje, medicina, textiles, leña, material de construcción (el quiote) y beneficios económicos (pulque y aguamiel).
Maguey de monte ( <i>Agave scabra</i> )	El cocido de las pencas se consume en ayunas para bajar niveles de azúcar en sangre. El pulque y aguamiel constituyen un importante aporte de nutrientes y una significativa fuente de agua. Proporciona múltiples beneficios como forraje, alimento, medicina, material de construcción, textiles, leña y es fuente de ingresos económicos (aguamiel / pulque).
Espadín ( <i>Agave striata</i> )	Las pencas u hojas maceradas son agitadas en agua y el agua se usa como jabón. La cocción de las pencas se usa para afecciones hepáticas.
Biznaga Peyotito / Peyotillo ( <i>Ariocarpus fissuratus</i> )	Cataplasmas de la parte aérea son usadas cuando hay dolor intenso. Es deshidratado y pulverizado para mezclarlo con cebo de venado o coyote, se adiciona cenizas de mezquite, estafiate y/o jarilla ( <i>Gymnosperma glutinosum</i> ) deshidratada y pulverizada. Se mezclan los ingredientes, se calienta el cebo y se aplica de forma local.
Peyote Brujo ( <i>Ariocarpus retusus</i> )	Cocciones de pequeñas porciones de la parte aérea se emplean como analgésico general, cuando se tiene un susto fuerte o cuando hay irritación de los nervios. Es una especie entéogena que se emplea en contextos rituales, es considerada una planta con fuerte efecto psicotrópico (origen de su nombre popular) cuyo consumo en el contexto ritual es exclusivo de líderes espirituales.

Estafiate ( <i>Artemisia ludoviciana</i> )	>>El té de la parte aérea se emplea para desparasitar, recoger la bilis (efecto colagogo), dolor de estómago, cólicos, inflamación estomacal, diarrea, cuando se tiene una coloración amarillenta y para curar el susto. Es empleada en vaporizaciones o temazcal como una planta que mejora la función de las vías respiratorias. >>Cataplasmas de toda la planta se usan cuando hay reumas se usa en conjunto con la jarilla<< ( <i>Gymnosperma glutinosum</i> ).
Chamizo ( <i>Atriplex canescens</i> )	Es considerada una planta de "efecto frío"; toda la planta es tatemada y untada en la piel cuando uno se >>enguixa<< (comezón o afecciones exantemáticas).
Aceitilla ( <i>Bidens odorata</i> )	El té de la parte aérea es empleado para aliviar dolores estomacales y/o infecciones, vómito y diarrea. >>Se usa el té para lavar heridas y curar mal de orín<<.
Damianilla ( <i>Chrysactinia mexicana</i> )	La parte aérea es empleada en baños posparto para la rápida recuperación; médicos tradicionales la emplean en >>friegas de alcohol<<, se coloca la planta en alcohol por lo menos dos semanas y el alcohol es frotado para dar tono o vigor muscular postparto o >>cuando se tiene abierta la cadera<<. >>El té (de la parte aérea) es usado cuando hay cansancio y quita dolor de cabeza, cuando hay diabetes da fuerza<<.
Coyonoxtle ( <i>Cylindropuntia imbricata</i> )	Se hacen maceraciones de la parte aérea y se colocan en fracturas, fisuras, torceduras o esguinces (animales y humanos). El fruto maduro es empleado contra la tos; >>se le quitan o queman las espinas, se corta (transversal) de la parte de arriba (se guarda la parte cortada ya que se usa para tapar posteriormente el fruto), se quita la pulpa y semillas, se deja la cáscara en forma de vasito en el que se mete el dulce de dátil o el fruto de palma china ( <i>Yucca filifera</i> ) o ( <i>Yucca carnerosana</i> ) y hojas de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> ) pulverizadas; se tapa entonces la tuna y se tatemala bien. Se bebe el agüita de la tunita, se machaca la cascara y se unta en el pecho<<.
Sotol aguja ( <i>Dasyllirion acrotriche</i> )	Las hojas tiernas son empleadas para dolor de oído; >>se cuecen a fuego lento y se agrega poco orégano ( <i>Lippia graveolens</i> ), se deja enfriar y se ponen de una a cinco gotas en el oído<<. Esta especie es consumida por las chivas cuando el sotol es pequeño, por lo que su distribución excluye sitios de pastoreo.
Sotol ( <i>Dasyllirion cedrosanum</i> )	Las hojas tiernas son empleadas para dolor de oído; >>se cuecen a fuego lento y se agrega poco orégano ( <i>Lippia graveolens</i> ), se deja enfriar y se ponen de una a cinco gotas en el oído<<. Esta especie es consumida por las chivas cuando el sotol es pequeño, por lo que su distribución excluye sitios de pastoreo.
Parraleña ( <i>Dyssodia setifolia</i> )	La parte aérea es empleada en té, se mezcla con leche materna (1:1) cuando el recién nacido tiene cólicos, dolor estomacal, vómitos o existe intolerancia a la leche materna. Cuando los niños comienzan a ingerir la leche de cabra, se mezcla el té de la parte aérea con leche de cabra (1:1) para que no genere malestar estomacal, frecuentemente el té es acompañado con hoja sén. También el té es usado para disminuir problemas estomacales. El té o infusión es consumido como agua de tiempo previo al parto para facilitar el trabajo de parto. La población del sitio posee un fuerte arraigo social al consumo de esta especie a tal grado algunos pobladores la administran a niños menores de 1 año.
Biznaga burra ( <i>Echinocactus platyacanthus</i> )	Se hacen dulces con la pulpa de la biznaga. La cocción de una porción de pulpa de esta especie es empleada para tratar la diabetes y

	afecciones renales. >>Cuando se escasea el agua se saca agua de la biznaga para poder <b>tomar algo</b> <<.
Alicoche (Echinocereus enneacanthus)	El té de inflorescencia se emplea como antitusivo. El fruto maduro se consume, es popularmente conocido como kiwi del desierto.
Sanguinaria / pito real (Ephedra compacta)	El té de la parte aérea se emplea para afecciones renales. >>se coloca en alcohol (la parte aérea) durante 20 días, se aplican gotas en el ombligo mezclada con resina de mezquite para curar el mal de orín<< (cuando un niño no controla el esfínter uretral).
Hierba de la golondrina (Ephedra trifurca)	El té de la parte aérea se emplea para afecciones renales. >>se coloca en alcohol (la parte aérea) durante 20 días, se aplican gotas en el ombligo mezclada con resina de mezquite para curar el mal de orín<< (cuando un niño no controla el esfínter uretral).
Candelilla (Euphorbia antisyphilitica)	El té de una mínima porción de la parte aérea deshidratada es empleado para enfermedades venéreas particularmente sífilis. El látex excretado por la parte aérea se consume como un poderoso purgante; también aplicaciones directas del látex son empleadas para combatir la onicomycosis. Constituye una fuente de cera de excelente calidad.
Biznaga del cabuche (Ferocactus pilosus)	La inflorescencia de esta biznaga constituye un componente de gran importancia en la cultura culinaria del desierto, son guisadas, frecuentemente consumidas con huevo. El fruto maduro es uno de los recursos más significativos en la alimentación de los habitantes del desierto, se consume guisado, se hacen salsas y conservas que son fuente de alimento a lo largo del año, el fruto también es consumido en temporada por los chiveros debido a que tiene un sabor ácido-dulce que estimula la salivación y abate fuertemente la sensación de sed. >>Cuando uno anda por largo rato sin agua, la tuna del cabuche te quita la sed, el hambre <b>y lo amargo</b> <<. El té de la inflorescencia se toma para conciliar el sueño.
Biznaga colorada (Ferocactus stainesii)	La cocción de una porción de la pulpa de la biznaga se consume en ayunas >>para bajar el azúcar<< (reducir niveles de glucosa en sangre).
Hoja Sén (Flourensia cernua)	El té de la parte aérea es de agradable sabor por lo que se consume como agua de tiempo, frecuentemente empleado para contrarrestar espasmos estomacales, gastritis, cólicos, gases y malestares del sistema digestivo; es empleado en vaporizaciones y temazcal para facilitar el parto y calmar dolores de contracción. El té de la raíz se consume para regular la menstruación.
Ocotillo (Fouquieria splendens)	El té de hojas es empleado por los chiveros en baños para aliviar la fatiga corporal, tiene efecto analgésico. Es una especie cuyos tallos espinosos y muy lignificados son frecuentemente empleados para construir cercas y corrales, debido a que brinda protección a los animales domésticos y es un recurso muy abundante.
Jarrilla (Gymnosperma glutinosum)	La parte aérea se emplea externamente mediante maceraciones o infusiones y aplicada para eliminar dolor, inflamación o reumas; combinada con cardenche ( <i>Cylindropuntia imbricata</i> ) se emplea para tratar afecciones óseas principalmente dolor.
Guapillo (Hechtia glomerata)	Cocción de la parte aérea es empleada para contrarrestar bochornos, síntomas de menopausia y regular ciclo menstrual.

Wereke  
(*Ibervillea sonora*)

Se emplea el tubérculo deshidratado y pulverizado, posee un sabor amargo muy fuerte, se emplea para >>bajar el azúcar<< (reducir niveles de glucosa en sangre) con eficacia. También es cocido y el agua es empleada para lavar heridas (antiséptico). Para afecciones gastrointestinales como diarrea, dolores o infecciones. >>Se toma después de un coraje pa´ recoger la bilis<<.

Sangre de drago  
(*Jatropha dioica*)

Su raíz >>se mastica para amacizar la dentadura, blanquearla y mantenerla limpia y buena<<. La raíz es empleada para lavados del cuero cabelludo, favorece el crecimiento del cabello y evita la caída del mismo. La savia excretada por la planta al cortarla se usa en heridas como un efectivo cicatrizante y antiséptico. Se cuece la parte aérea mezclada con lechuguilla y el agua se emplea para bañar a los animales que presentan alguna afección de tipo exantemática.

Gobernadora  
(*Larrea tridentata*)

La cocción de la parte aérea se emplea en pequeñas cantidades ya que >>es tóxica si no se sabe preparar; se hace hervir agua, se mete una ramita durante 10 o 15 segundos, se saca y se toma una taza de té en ayunas durante 9 días máximo<<. El té es un importante recurso para atender problemas renales como cálculos o cuando se >>cae la vejiga<<. La cocción de toda la parte aérea se emplea de forma externa para lavar heridas en personas y animales (antiséptico). Las hojas deshidratadas y pulverizadas son aplicadas en el calzado en personas que sufren onicomycosis y para evitar el mal olor. Se emplea con frecuencia para curar a las >>chivas cuando se avientan<< (cuando se inflaman del estómago), se cuece la parte aérea con hoja sén (*Flourensia cernua*) y el cocido se les administra vía oral

Orégano  
(*Lippia graveolens*)

La infusión de la parte aérea se emplea vía oral para deshacer gases en el tubo digestivo, abatir malestares estomacales como dolores, cólicos, espasmos, diarrea etc. También ayuda a la digestión y alivia la tos, se administran algunas gotas en el oído (en agua o aceite) para eliminar infecciones o dolor, se emplea en vaporizaciones y por médicos tradicionales en técnica de temazcal. >>Masticado o un té cargado (parte aérea) se toma pa´ purgarse<<; la hoja deshidratada es un condimento y pulverizada se emplea como antiséptico y cicatrizante en heridas en animales y humanos. Es una de las especies con mayor importancia económica en la región.

Hikury  
(*Lophophora williamsii*)

Cactácea entéogena empleada comúnmente como analgésico. Para uso local es deshidratado y pulverizado (popularmente denominado mezcalina), es mezclado con hojas, corteza y/o cenizas de mezquite; la mezcla es colocada en cebo de venado o coyote (caliente) y aplicada en el área afectada. Una práctica común es cortar el hikury en pequeños trozos y colocarlo en alcohol por más de 20 días, posteriormente el alcohol es administrado tópicamente >>friegas de alcohol<< vía. Vía oral en pequeñas dosis es empleado para mitigar fatiga extrema o dolor generalizado. Es usado por personas que están sometidas a intensa fatiga física, personas que recorren grandes distancias caminando debido a que elimina eficazmente la sensación de cansancio, dolor, sed y hambre. Uno de sus principales usos es como enteógeno, en un contexto medicinal-ritual, rito que ha sido practicado por los pobladores originarios en ceremonias de purificación >>física, mental, espiritual y energética<< desde la época precolombina. Debido a su popular y fuerte efecto que produce un estado modificado de conciencia es empleado en contextos religiosos, medicinales y más comúnmente recreativos; el hikury se desarrolla en diversas condiciones topográficas, sin embargo, debido a que este sitio es considerado por

	<p>diferentes etnias como el sitio original y sagrado (nacimiento de la tierra y el hikury) de su desarrollo, es un elemento que atrae a gran número de personas de todo el mundo que arriban a este sitio para vivir la experiencia psicotrónica ya sea en un contexto religioso, medicinal o recreativo, este hecho ha creado un “<i>turismo psicodélico</i>” que circunscribe a esta especie, situación que imposibilita estimar la tasa de extracción de esta especie en el sitio, hecho que demerita preocupantemente su distribución y genera vicisitudes entre los habitantes de este sitio.</p>
<p>Uña de gato (<i>Mimosa zygophylla</i>)</p>	<p>El té de hojas tiernas es empleado de forma local como cauterizante y desinfectante.</p>
<p>Nopal cuijo (<i>Opuntia engelmannii</i>)</p>	<p>Las pencas tiernas son consumidas como alimento. El jugo es empleado para bajar niveles de azúcar en sangre y estimular el tránsito intestinal. &gt;&gt;<i>El corazón del nopal sin espinas ni piel se mezcla con cal y se coloca en abdomen y plantas de los pies para bajar la calentura</i>&lt;&lt;. El fruto es considerado fuente de pigmento natural. Se usa también como un purificador o <i>aclaramiento</i> de agua; &gt;&gt;<i>se coloca sin espinas en agua durante toda la noche, al día siguiente el agua parece más transparente y ya se puede tomar</i>&lt;&lt;. Es una especie muy comúnmente empleada como forraje. Constituye un componente esencial en los huertos o SAF que diseñan la gente del desierto, ya que encuentran en esta especie diversos beneficios como alimento, medicina, forraje, cercas vivas y atrae animales silvestres que la población caza y representan una fuente (indirecta) importante de alimento.</p>
<p>Nopal duraznillo (<i>Opuntia leucotricha</i>)</p>	<p>Las pencas tiernas son consumidas como alimento. Las pencas maceradas (sin espinas) son aplicadas en quemaduras y heridas para desinflamar y cicatrizar.</p>
<p>Nopal rastrero (<i>Opuntia rastrera</i>)</p>	<p>Las pencas tiernas son empleadas como alimento. La penca molida se consume en ayunas para ayudar a problemas de tránsito intestinal.</p>
<p>Nopal rastrero de tuna roja (<i>Opuntia stenopetala</i>)</p>	<p>Las pencas tiernas son empleadas como alimento, el fruto maduro es un alimento muy valorado por su sabor. &gt;&gt;<i>Las pencas molidas se toman en ayunas para el colesterol</i>&lt;&lt; (niveles altos de lipoproteínas de bajo peso molecular [LDL]). Es una especie apreciada por las características organolépticas del fruto, es fuente de alimento, forraje, medicina, ornamental, cercas vivas y un componente en el diseño de SAF.</p>
<p>Guayule (<i>Parthenium argentatum</i>)</p>	<p>El látex excretado por el tallo cuando es cortado se emplea como cicatrizante, y directamente en uñas para combatir la onicomicosis.</p>
<p>Mariola / Copalillo (<i>Parthenium incanum</i>)</p>	<p>El té se toma para afecciones intestinales como diarrea, dolor estomacal y espasmos; recoge la bilis (efecto colagogo).</p>
<p>San Nicolás (<i>Piqueria trinervia</i>)</p>	<p>El té de la parte aérea es consumido como agua de tiempo por su agradable sabor, es empleada para tratar deseo sexual hipoactivo, afecciones estomacales y afecciones exantemáticas. En baños posparto se usa para la rápida recuperación. También es empleada en la técnica de temazcal como ansiolítico.</p>
<p>Mezquite (<i>Prosopis sp.</i>)</p>	<p>Las hojas en té se toman para afecciones de vías respiratorias y como analgésico. La cocción de corteza es empleada vía oral o localmente como antiinflamatorio, analgésico y antiséptico; la ceniza de mezquite es mezclada en cebo de venado o coyote y con hikury (<i>Lophophora williamsii</i>) deshidratado y pulverizado para desinflamar y anestesiar localmente. La goma es ampliamente usada para contrarrestar</p>

infecciones en vías respiratorias, gastrointestinales y de vías urinarias; aplicada con agua sobre el ombligo se usa para curar el mal de orín (incontinencia urinaria). Las vainas son empleadas para preparar atole de mezquite, >>se cortan las vainas maduras y se secan, luego se hierven en agua durante 15 minutos y se agrega la masa y dulce de palma (*Yucca carnerosana*) <<. Es el ejemplo por excelencia de un componente agroforestal, es un árbol que está hilvanado en el tejido cultural de los pobladores, es fuente de madera, leña, alimento, forraje, medicina, material de construcción, es una especie tolerada y proporciona beneficios económicos a través de productos como las vainas, goma, madera, leña, carbón y miel.

Mejorana / Mirto  
(*Salvia ballotiflora*)

Se emplea en baños posparto para recuperarse rápidamente, es empleada por algunos médicos tradicionales al final de la técnica de temazcal para el fortalecimiento muscular.

Tomatillo  
(*Solanum elaeagnifolium*)

El fruto y raíz deshidratados y molidos son adicionados a manteca o cebo y empleados como analgésico local.

Árnica  
(*Trixis angustifolia*)

Se emplea en té como cicatrizante externo e interno. También localmente se hacen cataplasmas para quitar dolor y hematomas causados por golpes.

Biznaga peyotillo  
(*Turbincarpus lophophoroides*)

Se emplea deshidratado y pulverizado mezclado con cebo caliente y se aplica en la zona donde hay dolor, también >>se corta en pequeños trozos y se deja en alcohol por más de 20 días y se dan friegas de alcohol<< (vía tópica). El consumo de pequeñas cantidades de este cactus se usa como un analgésico general, para mitigar la sensación de sed, cansancio, dolor, fatiga y hambre.

Palma samandoca  
(*Yucca carnerosana*)

Las puntas de las hojas son empleadas contra picaduras de animales ponzoñosos; >>se toman 4 hojas grandes de la palma y se entierran bien las puntas (espina apical) alrededor del piquete, se dejan unos segundos y se sacan con fuerza, duele mucho, pero te ayuda a sacar la ponzoña<<. Su inflorescencia se consume como alimento de temporada (dátiles), con sus frutos maduros se hacen dulce o miel que además de ser fuente importante de alimento, se emplea en heridas como cicatrizantes y antisépticas.

Palma china  
(*Yucca decipiens*)

La inflorescencia como el fruto maduro de la palma representa un aporte alimenticio de gran importancia en la cultura de los habitantes del desierto. La flor es consumida en guisados. El fruto es dulce y de agradable sabor, con este recurso se realiza una miel y se hacen conservas que constituyen un recurso alimenticio a lo largo del año. Sus hojas se usan para coadyuvar en mordeduras o piquetes de animales ponzoñosos; >>se toman 4 hojas grandes de la palma y se entierran bien las puntas (espina apical) alrededor del piquete, se dejan unos segundos y se sacan con fuerza, duele mucho, pero te ayuda a sacar la ponzoña<<. Es por excelencia un componente agroforestal de los huertos de los pobladores del desierto, con ella se hacen cercos vivos cuya simetría es placentera a la vista, enriquecen la belleza escénica, protegen huertos y animales, les proporciona materia orgánica a sus huertos, de sus hojas extraen textil y proporcionan sombra que es muy apreciada en estos sitios de temperaturas altas.

Palma china  
(*Yucca filifera*)

La inflorescencia como el fruto maduro de la palma representa un aporte alimenticio de gran importancia en la cultura de los habitantes del desierto. La flor es consumida en guisados. El fruto es dulce y de sabor agradable, con este recurso se realiza una miel y se hacen

conservas que constituyen un recurso alimenticio de gran importancia a lo largo del año. Sus hojas se usan para coadyuvar en mordeduras o piquetes de animales ponzoñosos; >>se toman 4 hojas grandes de la palma y se entierran bien las puntas (espina apical) alrededor del piquete, se dejan unos segundos y se sacan con fuerza, duele mucho, pero te ayuda a sacar la la ponzoña<<. Es por excelencia un componente agroforestal de los huertos de los pobladores del desierto, con ella se hacen cercos vivos cuya simetría es placentera a la vista, enriquecen la belleza escénica, protegen huertos y animales, les proporcionan materia orgánica a sus huertos, de sus hojas extraen textil y proporcionan sombra que es muy apreciada en estos sitios de temperaturas altas.

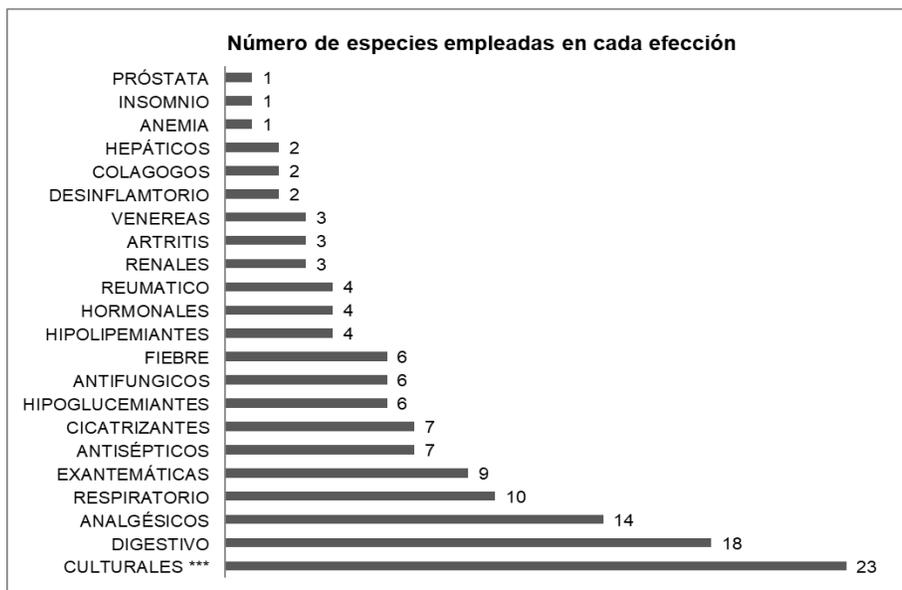
Altamiza  
(*Zaluzania triloba*)

El té de la parte aérea es empleado para atenuar malestares estomacales como dolor, diarrea, inflamación, etc. También se emplea para lavar heridas en animales, >>cuando se cortan con algún metal o alambre de púas se lava su herida con esta planta y sana rápido<<.

Hierba del burro  
(*Zinnia acerosa*)

El té de la parte aérea de esta especie se consume habitualmente debido a su agradable sabor y olor, se emplea para abatir afecciones estomacales como gases, inflamación, mala digestión, dolor y diarrea.

En la Figura 2 se presenta el número de especies empleadas en cada uno de los padecimientos registrados mediante las entrevistas semiestructuradas.



\*\*\* Algunas de las afecciones culturales registradas son atendidas en técnicas como ceremonias, baño de temazcal, baños de asiento, *rameadas* o *limpias*, rezos o rituales, entre otros; y las principales afecciones de carácter cultural son: el susto, aire, pesadez, insomnio, mal de orín, mal del coyote, cargar al muerto, mal de ojo, tristeza, miedo, odio, entre otras.

Figura 3.- Padecimientos registrados mediante las entrevistas semiestructuradas y número de especies empleadas para atender cada una de estas afecciones.

### 3.5. Conclusiones

La investigación etnobotánica permitió identificar un total de 52 especies con usos medicinales y sus técnicas de empleo. Los usos principales de las especies identificadas (con base en entrevistas semiestructuradas realizadas) son medicina (25%), forraje (21%) y alimento (12%).

El principal empleo de la flora medicinal del desierto es para atender y/o prevenir afecciones de índole cultural, en el sistema digestivo, como analgésico y para el sistema respiratorio. El empleo de la flora curativa en este sitio, es trascendental para una población que habita un sitio con bajo número de unidades médicas y personal médico, con alto grado de pobreza, disminución de población y persistencia en las tasas de patologías infecciosas desde hace 29 años.

Sin embargo, el profundo arraigo social al uso medicinal de la flora en muchos de los habitantes del sitio, tiene su origen en los pueblos originarios, ya que desde su perspectiva “Wirikuta” es centro de origen del mundo y toda la flora, fauna y minerales del área son sagradas y medicinales, motivo que ha permitido que los pueblos mantengan e incrementen su diversidad biológica y cultural.

En este *Sitio Sagrado Natural* al visualizar el entorno como elementos medicinales se crea una dinámica de diversidad biológica y cultural, en la cual el concepto local de salud-enfermedad es articulado con el aprovechamiento de especies nativas, posicionando a la biodiversidad como estrategia para recobrar y conservar la salud, satisfacción social, física, mental y también espiritual; dicho de otro modo, en esta ANP, la sociedad no puede ser vista sin la naturaleza y viceversa, de esta manera se crea una reciprocidad entre la flora y el hombre; haciendo posible que el sitio mantenga sus atributos ecológicos como la gran riqueza total de especies, grado de endemismo, especies de distribución restringida y otras en riesgo, ecosistemas diversos y de distribución restringida, así como el servicio ambiental de conservación *in situ* de acervos genéticos endémicos domesticados y silvestres.

Esta interdependencia de elementos biológicos y culturales se visualiza como un privilegio y ventaja estratégica para la integración de sistemas agromedicinales, ya que el principal uso que adquieren las especies identificadas es en el contexto

terapéutico. Esta información es importante ya que las estrategias de desarrollo actuales ignoran por completo el principal potencial de las especies de áreas desérticas y semidesérticas, que es el terapéutico.

### **3.6. Literatura Citada**

Casillas, A. (1990). Nosología mítica de un pueblo: medicina tradicional huichola. Guadalajara, Jal.: Universidad de Guadalajara.

CONANP. (2012). Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera "Wirikuta", en el estado de San Luis Potosí. San Luis Potosí: SEMARNAT.

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.

Hersch, P. (2015). La doble subordinación de la etnobotánica latinoamericana en el descubrimiento y desarrollo de medicamentos: algunas perspectivas. *Etnobiología*, 2(1), 103-119.

INEGI. (2005). VII Censo general de Población y Vivienda 2000. San Luis Potosí: INEGI.

INEGI. (2017). Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de San Luis Potosí 2017. San Luis Potosí.: INEGI.

Organización Mundial de la Salud (1948). Constitución de la Organización Mundial de la Salud [Documento en línea]. Disponible: [http://www.who.int/gb/bd/PDF/bd46/s-bd46\\_p2.pdf](http://www.who.int/gb/bd/PDF/bd46/s-bd46_p2.pdf) [Consulta: 2007, octubre 14]

SEDUVOP. (2006). Plan de Desarrollo Urbano de Catorce, S.L.P. San Luis Potosí: Secretaría de Desarrollo Urbano Viviendas y Obras Públicas (SEDUVOP).

SLPSALUD. (2018). Diagnóstico sectorial sector salud San Luis Potosí 2018. San Luis Potosí: SLPSALUD.

Cuadro 12.- Listado de especies medicinales identificadas: nombre científico, nombre común y autor.

Especie	Nombre Común	Autor
<i>Artemisia filifolia</i>	Yerba amarga / Istafiate	Hall, H.M. and F.E. Clements.
<i>Agave asperrima</i>	Magüey cenizo / ápero	González-Elizondo, M. S.
<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Almaraz-Abarca, N.
<i>Agave macroculmis</i>	Magüey verde	Gentry, H. S.
<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	Torres-Morán, M. I.
<i>Agave scabra</i>	Magüey de monte	Villarreal, J. A.
<i>Agave striata</i>	Espadín	Bogler, D. J.
<i>Ariocarpus fissuratus</i>	Biznaga Peyotito / Peyotillo	Anderson, E. F.
<i>Ariocarpus retusus</i>	Peyote Brujo	Hernández, H. M.
<i>Artemisia ludoviciana</i>	Estafiate	McArthur, E. D.
<i>Atriplex canescens</i>	Chamizo	Mc Arthur, E. D., & Freeman.
<i>Bidens odorata</i>	Aceitilla	Ballard, R.
<i>Chrysactinia mexicana</i>	Damianilla	Strother, J. L.
<i>Dasyllirion acrotriche</i>	Sotol aguja	Bogler, D. J.
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	Sotol	Hernández-Quintero, J. D.
<i>Dyssodia setifolia</i>	Parraleña	Johnston, M. C., & Turner, B. L.
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga burra	Pavón, N. P., & Briones, O.
<i>Echinocereus enneacanthus</i>	Alicoche	Sánchez, D., Terrazas.
<i>Ephedra compacta</i>	Sanguinaria / pito real	Ickert-Bond, S. M.
<i>Ephedra trifurca</i>	Hierba de la golondrina	Wojciechowski, M. F.
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	Candelilla	Pants, H.
<i>Ferocactus pilosus</i>	Biznaga del cabuche	Clark, J. Y.
<i>Ferocactus stainesii</i>	Biznaga colorada	Taylor, N. P.
<i>Flourensia cernua</i>	Hoja Sén	Dillon, M. O.
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo	Bate-Smith, E. C.
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Jarrilla	RUFFIN, J.
<i>Hechtia glomerata</i>	Guapillo	Burt-Utley, K. & García-Mendoza, A.
<i>Ibervillea sonorae</i>	Wereke	Kearns, D. M.
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	Dehgan, B.
<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo	Holmes, W. C., Yip, K. L., & Rushing, A. E.
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora	Laport, R. G., Minckley, R. L., & Ramsey, J.
<i>Lippia graveolens</i>	Orégano	Wagstaff, S. J., & Cantino, P. D.
<i>Lophophora williamsii</i>	Hikury	Anderson, E. F.
<i>Lycium berlandieri</i>	Cilindrillo espino	Miller, J. S.
<i>Mimosa zygophylla</i>	Uña de gato	Isely, D.
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal cuijo	Jones, J. G., & Bryant, V. M.

<i>Opuntia leucotricha</i>	Nopal duraznillo	Goettsch, B., & Hernández, H. M
<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	Muñoz-Urias, A. & Palomino-Hasbach, G.
<i>Opuntia stenopetala</i>	Nopal rastrero de tuna roja	García-Velázquez, A. & Pimienta-Barrios, E.
<i>Parthenium argentatum</i>	Guayule	Mehta, I. J., Dhillon, S. P., & Hanson, G. P.
<i>Parthenium incanum</i>	Mariola / Copalillo	Powers, L., & Rollins, R. C.
<i>Piqueria trinervia</i>	San nicolás	Haque, M. Z., & Godward, M. B. E.
<i>Prosopis sp.</i>	Mezquite	Pasiecznik, N. M. & Felker, P.,
<i>Salvia ballotiflora</i>	Mejorana (azul)	Trudel, M. C. G., & Morton, J. K.
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo	Carretero, J. L.
<i>Trixis angustifolia</i>	Árnica	Cabrera R, L.
<i>Turbinicarpus lophophoroides</i>	Biznaga peyotiyo	Mosco, A.
<i>Yucca carnerosana</i>	Palma samandoca	McKelvey, S. D., & Sax, K.
<i>Yucca decipiens</i>	Palma china	Matuda, E., & Piña Luján, I.
<i>Yucca filifera</i>	Palma china	Robbins, R. L.
<i>Zaluzania triloba</i>	Altamiza	Strother, J. L.
<i>Zinnia acerosa</i>	Hierba del burro	Torres, A. M.

---

#### **4. ANÁLISIS DEL POTENCIAL AGROFORESTAL-MEDICINAL DEL MEZQUITE EN LA COMUNIDAD SAN CRISTÓBAL, MUNICIPIO DE CATORCE, S.L.P.**

##### **4.1. Resumen**

El mezquite es una especie arbórea característica de zonas áridas y semi áridas de México; la importancia y potencial (económico, ecológico y cultural) que posee el mezquite en estos sistemas ecológicos en los que se desarrolla ha sido ignorado en las estrategias de planeación agrícolas en zonas áridas. *Prosopis* sp. es una especie freatófila que proporciona beneficios en diferentes dimensiones y distintos estamentos sociales. El objetivo de esta investigación fue determinar el potencial agroforestal-medicinal del mezquite en el municipio de Catorce, S.L.P., a partir de un análisis económico de aprovechamiento realizado en función de las densidades, usos y estrategias de adaptación del mezquite en el sitio de estudio.

##### **Abstract**

Mesquite is an arboreal species characteristic of arid and semi-arid zones of Mexico; the importance (economic, ecological and cultural) that the mesquite has in these ecological systems in which it develops has been ignored in agricultural planning strategies in arid zones. *Prosopis* sp. It is a freatophilic species that provides multiple in different dimensions and different social classes. The objective of this research was to determine the agroforestry-medicinal potential of mesquite in the municipality of Catorce, S.L.P., from an economic analysis of exploitation made based on the densities, uses and strategies of mesquite adaptation at the study site.

##### **4.2. Introducción**

La dimensión fanerogámica de México lo posicionan dentro de las cinco naciones con mayor número de especies de flora en el planeta, no obstante, más del 50% del territorio está sometido a algún grado de aridez (Granados, 2012), sitios en los cuales se desarrollan de manera silvestre plantas con potencial terapéutico, ya que el estrés hídrico y las condiciones ecofisiográficas detonan el metabolismo secundario de la planta confiriéndole un efecto medicinal *sui generis* (Bruneton, 2001). La región árida más grande de México y del continente es el desierto chihuahuense (DC), ecorregión de 450 000 kilómetros cuadrados. Este desierto se

desarrolla en una planicie triangular al norte de México, entre la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. La precipitación anual en el DC oscila entre 175 mm (en las planicies de Coahuila) hasta los 400 mm (en las mayores elevaciones). Brown (1982) subdividió el desierto en tres porciones: al norte, la región de trans-pecos, con el 40 % de la superficie total del DC, región ubicada en Estados Unidos. La región media es dominada por piedra caliza y playas de acarreo, incluye la región del Mapimi, parte del oriente de Chihuahua, Coahuila y Durango. La tercera región, la sur, conocida como “*El Saladán*” cubre principalmente los estados de Zacatecas y San Luis Potosí (SLP) (Gonzales, 2003). La comunidad de San Cristóbal, Municipio de Catorce, S.L.P., está ubicada en el lindero de dos provincias fisiográficas que componen al municipio: a) la provincia de la sierra madre oriental (PSMO) y b) la provincia Mesa del Centro (PMC), (CONANP, 2012). Esta comunidad está ubicada a pie de monte bajo de la sierra de catorce, en un valle de drenaje endorreico formado por abanicos aluviales, principalmente grava, arcillas y arenas, que constituyen estructuras de acumulación forzada, sitio en el que suele presentarse la denomina playa de sustrato arenoso, a una altitud de 1 770 msnm. La temperatura media anual es 16. 6° C, con una máxima de 37° C y una mínima de - 7° C. La precipitación anual promedio es de 311 mm. El clima se considera seco templado (BS<sub>0</sub> hx’), el más seco de los BS, semicálido con régimen de lluvias intermedio, invierno fresco y con precipitación invernal mayor al 18% (SEDUVOP, 2006).

La superficie es catalogada como fértil y con potencial agrícola, con disponibilidad de agua subterránea cuya salinidad es alta y bajo contenido de sodio, sin embargo, es también clasificado como un sitio abierto de mezquite con un grado de erosión muy alto debido a la acción del viento y suelo arenoso (CONANP, 2012). Se ubica en el límite norte del área natural protegida (ANP) “*Wirikuta*”, por lo que la expansión agrícola de la comunidad compromete la conservación de la reserva.

El municipio se destaca por contar con un escenario socioeconómico adverso; CONEVAL (2010) evaluó que más del 69% de la población en el municipio sufre algún grado de pobreza y/o vulnerabilidad. La población ha disminuido 53% de 1999

al 2018. El municipio cuenta con 192 022.90 ha, la tenencia de la tierra es mayoritariamente ejidal (91%); en el 0.25% de esta superficie se desarrolla ganadería (toda en manos de pequeños productores), el 14% agricultura y el 84% presenta nulo aprovechamiento (INEGI, 2016). Se sabe que en el periodo de 1997 al 2006 el cultivo de jitomate en invernadero en el municipio sufrió un incremento de 15 ha a 126 ha, por el contrario, el cultivo de maíz de temporal disminuyó de 152 a 15 ha (SEGAM, 2008).

Sin embargo en el sitio a través del tiempo han existido condiciones ecofisiográficas y culturales óptimas para el desarrollo y aprovechamiento del mezquite; se ha documentado a través del tiempo como el desarrollo de las sociedades en este sitio, ha estado vinculado al aprovechamiento forestal, como ejemplos tenemos a los pobladores originarios de Catorce, quienes emplearon al mezquite como fuente de alimento, material de construcción, medicina y leña (Philip, 1977), por otra parte, tenemos el afamado desarrollo de la minería en Real del Catorce y las más de cien minas y cincuenta y seis haciendas que se beneficiaron en la región, lo cual fue posible gracias a la disponibilidad de abundantes recursos dendroenergéticos, que fuesen incinerados en las chacuacas mineras en el periodo de 1772 a 1827 (55 años) (SEGAM, 2008). Siendo este fenómeno el máximo agente de erosión que ha impactado la región.

El mezquite es visualizado como una especie nativa con potencial como componente agroforestal en zonas áridas ya que su adecuado aprovechamiento proporciona beneficios en una amplia gama de actores de diversos estamentos sociales.

### **4.3. Materiales y Métodos**

#### **Descripción del sitio de investigación**

La investigación se realizó en la subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales, municipio de Catorce, San Luis Potosí (SLP). Esta área forma parte de la provincia fisiográfica Mesa del Centro, al poniente de la SC, en el cuadrante suroriental de la ecorregión del DC; al sureste del altiplano potosino-zacatecano, en la porción noroeste del estado de SLP, en valles y llanuras intermontanos de drenaje

endorreico formados principalmente por grava, arcillas y arenas, que constituyen estructuras de acumulación forzada a partir de acarreo fluviales de materiales originados en la SC.

El tipo de clima en el sitio de estudio es árido-templado (BSokw). Los tipos de suelos predominantes en las planicies situadas en los flancos este y oeste de la SC son xerosoles; suelos preponderantes en las planicies situadas en los flancos este y oeste de la SC, caracterizados por presentar una capa superficial de material claro con bajo contenido de materia orgánica (CONANP, 2012).

### **Recorridos de campo y muestreo**

Se realizaron recorridos de campo para determinar los tipos de vegetación, se establecieron dos áreas principales de muestreo en función del reconocimiento de las asociaciones vegetales observadas en el bosque abierto de mezquite o bosque espinoso (BE) a pie de monte de la SC.

Fueron levantados un total de 2 sitios de muestreo a través de dos transectos paralelos con una distancia de 3 km entre sí. El método de muestreo empelado para caracterizar cuantitativamente las diferentes comunidades vegetales fue punto central y cuadrantes (Brush, 1980); este método consiste en trazar en campo dos ejes o líneas perpendiculares, formando un plano cartesiano, conformado por cuadro cuadrantes; dentro de cada cuadrante se considera a la especie perenne más cercana al origen (intersección de las coordenadas), se identifica y se mide la distancia existente entre la base de la especie y el origen de las coordenadas y el diámetro a la altura de la base (DAB).

Fueron seleccionados un total de 10 puntos al zar dentro de cada sitio de muestreo a través de un transecto con orientación este-oeste (a favor de la pendiente); con este muestreo es posible obtener parámetros como dominancia absoluta y relativa, número de individuos de una especie en 100 m<sup>2</sup>, número de individuos de una misma especie, frecuencia absoluta y relativa, área basal y valor de importancia relativa (VIR).

En cada punto de muestreo (punto central y cuadrantes), se analizó la vegetación (perennes y anuales) en un cuadrante de 10x10 m, dentro del cual se registró la composición florística en una matriz de datos con atributos cualitativos (presencia-ausencia). Las plantas que no pudieron ser identificadas en campo fueron recolectadas y prensadas para su posterior identificación; el material botánico recolectado fue trasladado al Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, donde fue identificado.

En los sitios muestreados se obtuvo la altitud (msnm), se obtuvieron muestras compuestas de suelo de aproximadamente 1 kg, fueron enviadas al Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo para la determinación de sus características generales (pH, N, K, P, Ca, Fe y textura) mediante los siguientes procedimientos:

- pH: Potenciométrico, relación suelo-agua, 1:2.
- Nitrógeno inorgánico (N. Inorg.): Extraído con cloruro de potasio 2 N y determinado por arrastre de vapor.
- Fósforo asimilable (P): Olsen.
- Potasio (K): Extraído en acetato de amonio 1 N, pH 7, relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- Fe (Hierro): Extraído con DTPA en una relación 1:4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- Calcio (Ca): Extraído en acetato de amonio 1 N, pH 7, relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- Textura (TEX): Hidrómetro de bouyucos.

Se estimó el valor de importancia relativa (VIR) de las especies y se elaboró un perfil fisionómico para describir la comunidad de mezquite; se empleó el programa Lumion. La descripción de las comunidades se realizó con base en la literatura (Granados (2012), González-Costilla (2007), CONANP (2012)), y en la observación en recorridos de campo con actores clave (productores, recolectores, vendedores de planta medicinal, botánicos y especialistas en plantas medicinales).

### **Análisis del potencial económico del mezquite**

Para determinar el potencial económico del aprovechamiento del mezquite en el sitio, se consultaron los rendimientos y procesos de aprovechamiento de frutos,

goma, madera, inflorescencias y carbón de mezquite en el altiplano, se calculó la producción potencial de cada producto en función de las densidades observadas en el sitio. Finalmente, en cada producto de mezquite se estimaron los costos de aprovechamiento y producción, se calculó el ingreso generado (en función del precio del producto en los canales de comercialización existentes) y la utilidad bruta.

### **Análisis del potencial agromedicinal del mezquite**

Para estimar el potencial agroforestal-medicinal de *Prosopis* sp. se realizaron entrevistas con personajes clave sobre los usos medicinales del mezquite en la región. También, se realizó una revisión de literatura sobre los usos medicinales y el potencial ecológico de *Prosopis*.

## **4.4. Resultados y discusión**

### **4.4.1. Caracterización de la vegetación**

El BE se localiza en el lindero de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental y Mesa del Centro. Ubicado a pie de monte bajo 6 km al oeste de la SC, en valles y llanuras intermontanas de drenaje endorreico, conformados por estructuras de acumulación forzada. Ahí suele presentarse la denominada playa de sustrato arenoso a una altitud de 1,770 msnm. La temperatura media anual es 16.6° C, con una máxima de 37° C y una mínima de -7° C. La precipitación media anual es de 311 mm. El clima se considera templado-seco ( $BS_0$  hx'), el más seco de los BS, semicálido con régimen de lluvias intermedio, invierno fresco y con precipitación invernal mayor a 18% (SEDUVOP, 2006).

Esta área es catalogada como una superficie fértil y con potencial agrícola, con disponibilidad de agua subterránea, cuya salinidad es alta, y bajo contenido de sodio. Sin embargo, también es clasificado como un sitio abierto de mezquite con un grado de erosión muy alto, debido a la acción del viento y suelo arenoso. Se encuentra en el límite norte del ANP, por lo que su expansión agrícola compromete la conservación del sitio.

Los suelos de la zona presentan la siguiente composición química: pH de 7.31; N 26.3 mg kg<sup>-1</sup>; P 31.9 mg kg<sup>-1</sup>; K 2240 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 6206 mg kg<sup>-1</sup>; Fe 3.4 mg kg<sup>-1</sup>. El

suelo está compuesto por 46.4% de arena, 39.3% de limo y 14.4% de arcilla, la textura es franca.

El alto contenido de fósforo, potasio, y materia orgánica del suelo de este sitio (en comparación con el MDM) se debe quizás a la presencia de *Prosopis* sp., ya que estudios en zonas áridas demuestran que, por ejemplo, el mezquite tiene efectos positivos en los ecosistemas áridos y semiáridos a medida que aumentan el contenido de N y materia orgánica en el suelo (Herrera-Arreola, 2007). Un estudio en el altiplano mexicano Reyes-Reyes (2003) reporta que la mineralización de C en las hojas de mezquite es mayor que en las hojas de huizache, también demuestra que la liberación de N de las hojas es mayor cuando el contenido de materia orgánica del suelo es menor; este trabajo permitió demostrar que bajo el dosel del mezquite se acumula materia orgánica, microorganismos y nutrientes.

En esta área, la presencia de especies arbustivas de hojas pequeñas y plantas efímeras características del MDM es frecuente. No obstante, este sitio se destaca por la presencia de especies freatófilas arbustivas y arbóreas, principalmente *Prosopis* L., y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Su principal distribución está influenciada por cuerpos de agua subterráneos, por lo que su presencia en pie de monte es abundante; se desarrolla a lo largo de abanicos aluviales en los que comparte la dominancia con *Lycium berlandieri* (T. Fukuda), *L. tridentata*, *F. cernua* y *Rhus Microphylla* (J. S. Lassetter).

La riqueza de cactáceas en este sitio es baja, únicamente se encontró la especie *Cylindropuntia leptocaulis*, planta que se encuentra también en el MDM y MDR.

En esta comunidad vegetal se identificaron 22 especies distribuidas en 11 familias, de las cuales las familias Asraceae y Fabaceae fueron las más representativas (Cuadro 1).

Cuadro 13.- Listado florístico del BE en sitios 5 y 6, de San Cristóbal, Municipio de Catorce, S.L.P.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Rhus Microphylla</i>	Agrillo
	<i>Artemisia filifolia</i>	Yerba amarga / Istafiate
Asteraceae	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Estafiate
	<i>Bidens odorata</i>	Aceitilla
	<i>Flourensia cernua</i>	Hoja Sén

	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Jarrilla
	<i>Trixis angustifolia</i>	Árnica
	<i>Zaluzania triloba</i>	Altamiza
	<i>Zinnia acerosa</i>	Hierba del burro
Cactaceae	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Tasajillo
	<i>Ephedra compacta</i>	Sanguinaria / pito real
Ephedraceae	<i>Ephedra trifurca</i>	Hierba de la golondrina
	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago
	<i>Acacia farnesiana</i>	Hiuzache
Fabaceae	<i>Mimosa zygophylla</i>	Uña de gato
Fabaceae	<i>Prosopis sp.</i>	Mezquite
Koeberlineaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i>	Mejorana (azul)
Poaceae	<i>Bouteloua scorpioides</i>	Zacate escorpión
Solanaceae	<i>Lycium berlandieri</i>	Cilindrillo espino
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora

De las especies identificadas existen dos endémicas: la altamiza (*Zaluzania triloba*) J.L. Strother y la sanguinaria o pito real (*Ephedra compacta*). El sitio exhibe un porcentaje más alto de especies anuales (14%) lo cual podría explicarse por los microhábitat o islas de fertilidad creadas por el mezquite. Por ejemplo, se sabe que el potencial de inóculo de hongos micorrizales vesiculares-arbusculares benéficos es mayor bajo el dosel de mezquite y, por lo tanto, más favorable para el establecimiento de plántulas en comparación con las áreas áridas adyacentes lejos de los árboles (Bashan, 2000).

Las especies asociadas en este sitio fueron: *Ephedra compacta*, *Bouteloua scorpioides* J.T. Columbus, *Artemisia filifolia* E. D. McArthur, *Bidens odorata* W. C. Yang, *Zinnia acerosa*, *Artemisia ludoviciana* E. D. McArthur, *Flourensia cernua*, *Gymnosperma glutinosum* J. Ruffin, *Koeberlinia spinosa* W. C. Holmes y *Larrea tridentata*.



Figura 4.- Comunidades de mezquite de mezquite, municipio de Catorce, S.L.P.

El número de especies en esta área es bajo, resultado similar a lo reportado por el estudio realizado en el sur del DC (Montaña, 1990), en el que se encontró que la menor riqueza de especies se ubica en la playa de sustrato arenoso.

El análisis de valor de importancia relativa (VIR) se presenta en el cuadro 2, en el cual se aprecian las especies con VIR más alto: *Lycium berlandieri*, seguida por *Prosopis* sp., *L. tridentata*, *F. cernua*, *R. Microphylla* y *C. leptocaulis*.

Cuadro 14.- Valores de importancia para las especies del BE, comunidad San Cristóbal, municipio de Catorce.

Especie	ABM <sup>Z</sup>	AA <sup>Y</sup>	FA <sup>X</sup>	DA <sup>W</sup>	AR <sup>V</sup>	FR <sup>U</sup>	DR <sup>T</sup>	VIR <sup>S</sup>
<i>Lycium berlandieri</i>	5.6	14.0	14	0.78	11.7	11.8	9.40	10.9
<i>Prosopis</i> sp.	16.6	8.0	8	1.33	6.7	6.7	16.02	9.8
<i>Larrea tridentata</i>	5.1	13.0	12	0.66	10.8	10.1	7.95	9.6
<i>Flourensia cernua</i>	7.6	11.0	10	0.84	9.2	8.4	10.12	9.2
<i>Rhus Microphylla</i>	6.3	12.0	10	0.75	10.0	8.4	9.04	9.1
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	4.3	12.0	12	0.52	10.0	10.1	6.27	8.8

<sup>Z</sup> Área basal media; <sup>Y</sup> abundancia absoluta; <sup>X</sup> frecuencia absoluta; <sup>W</sup> dominancia absoluta; <sup>V</sup> abundancia relativa; <sup>U</sup> frecuencia relativa; <sup>T</sup> dominancia relativa; <sup>S</sup> valor de importancia relativa.

La descripción de Rzedowski (1994) del MDM del DC, refiere de manera análoga a estos resultados, la eventual aparición de comunidades de *Prosopis sp.*, *Koeberlinia spinosa* o *Fouquieria splendens* que se extienden a través de cientos de kilómetros en el DC.

Granados (2012) refiere a los arbustos salados, presentes en sitios abiertos de mezquite, como una comunidad de amplia distribución, presente en suelos de textura fina y erosionados por la acción del viento y suelo arenoso, reportando como principales especies asociadas a esta vegetación a *Parthenium incanum*, *P. argentatum* S. Kumar, *Viguiera stenoloba* E. E. Schilling, *Zinnia acerosa*, *Dyssodia sp.*, y *Jatropha dioica*.

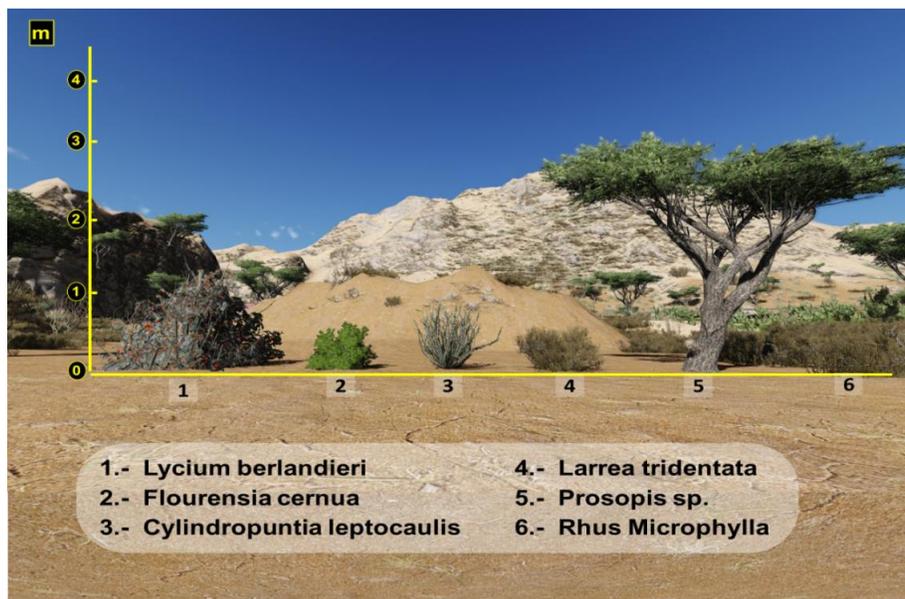


Figura 2.- Perfil semi realista del bosque de mezquite comunidad San Cristóbal.

#### 4.4.2. Análisis del potencial económico del mezquite

##### 4.4.2.1 Fruto

La colecta de vainas para el aprovechamiento de la semilla madura en la zona del Altiplano potosino comienza en el mes de julio (Armando, 1991). Se estima que la producción anual de la vaina en el altiplano varía de 4 a 50 kg por árbol y de 200 a 2,200 kg ha<sup>-1</sup> en densidades de 25 a 245 árboles por hectárea (Maldonado, 2000).

El canal de comercialización de la harina de mezquite es la industria alimenticia y forrajera. El precio actual de un kilogramo de harina de mezquite orgánica certificada oscila entre 1,000 y 1,800 pesos (toda procedente de Estados Unidos de Norteamérica y Perú); su alto costo aunado al desconocimiento de su potencial nutricional son la causa de que este potencial sea ignorado.

El costo de producción de 170 kg de harina de mezquite proveniente de 200 kg de fruto colectado en dos jornales, se estima en 15.3 pesos por kilogramo.

El análisis de costos de beneficio, transformación y comercialización de la vaina de mezquite se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 15.- Costos de beneficio, producción y comercialización de 170 kg de harina de mezquite

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Colecta	2	400
Lavado	1	200
Desinfección	1	200
Secado	2	400
Molido	1	200
Tamizado	1	200
Envasado	2	400
Comercializado	4	800
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>2,800</b>

El kilogramo de harina de mezquite puede comercializarse en 300 pesos el kilogramo, otorgando una utilidad bruta de 48,200 pesos a 14 jornales invertidos.

#### **4.4.2.2. Goma**

Vernon-Carter (2000) reporta un rendimiento de 34.35 kilogramos de goma de mezquite (GM) por hectárea en un bosque natural en San Luis Potosí, cuya densidad es de 200 árboles ha<sup>-1</sup> con el 75% de árboles produciendo goma (todos ellos con edades de 6 a 15 años). Este trabajo concluye que el potencial productivo de un bosque de 600 km<sup>2</sup> de *Prosopis laevigata* en San Luis Potosí en el año 2000 es de 2,061 t año<sup>-1</sup>; cifra que representa el 60% de la importación de goma arábica en México para ese mismo año, estimadas en 3,431 t (López-Fanco, 2006).

CONAFOR (2009) reporta rendimientos de 390 a 1200 gramos de goma por hectárea en zonas áridas de bosque naturales de Sonora y 40 kilogramos por hectárea en áreas cultivadas.

El canal de comercialización de la GM es principalmente la industria alimenticia ya que es empleada como aditivo alimentario debido a sus propiedades químicas, térmicas y de sorción que exhiben puntos de similitud con la goma arábica y con gomas de otras especies botánicamente relacionadas. Por otro lado, la goma de *Prosopis* sp. presenta un contenido de proteínas superior al de la goma arábica aspecto que podría tener influencia en las propiedades funcionales, ya que se sabe que disuelve a mayor velocidad que la goma arábica y acelera la dispersión de los ingredientes. Presenta mayor afinidad por compuestos aceitosos y los productos obtenidos son más estables en color y sabor (CONAFOR, 2009).

Análisis de costos de beneficio, procesado y comercialización de goma de mezquite se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 16.- Costos de aprovechamiento, producción y comercialización de 84 kg de goma de Mezquite.

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Poda	2	400
Rayado	2	400
Colecta	1	200
Selección	1	200
Purificación	2	400
Comercialización	4	800
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>2,400</b>

Tomando un rendimiento bajo de 35 kg de goma ha<sup>-1</sup> en función de una densidad media observada en el sitio de investigación de 150 árboles ha<sup>-1</sup>, y el 70% de los árboles produciendo; invirtiendo doce jornales es posible aprovechar dos hectáreas de producción de goma. De manera que canalizando al mercado la goma con un precio de 400 pesos por kilogramo sería posible obtener una utilidad bruta de 31,200 pesos en doce jornales invertidos.

#### 4.4.2.3. Madera, Leña y Carbón

Sin duda otro de los productos con importancia económica del mezquite en zonas áridas es el aprovechamiento forestal (Reyes, 2007), ya que permite a las comunidades obtener leña y carbón.

Para establecer una estrategia de manejo que proporcione beneficios productivos al mezquite como podas, raleos, ciclos de corte, etc. y al mismo tiempo suministre las cantidades necesarias de combustible para satisfacer las demandas en el hogar, es necesario establecer una directriz productiva y conocer el tiempo requerido para obtener determinado producto maderable. INIFAP (2001) reporta que para obtener postes delgados o medianos (10 a 15 cm diámetro), se requiere un turno de 14 a 24 años y para madera de dimensiones mayores, por ejemplo, árboles de 20 a 70 cm de DB para postes gruesos y aserrío, es necesario un turno de 33 a 111 años. Además, el trabajo anterior recomienda una densidad de 130 a 140 árboles por hectárea y una cobertura mínima del 30% para poder establecer un sistema silvopastoril con *Prosopis sp.* y pasto buffel que tenga calidad y cantidad competitiva.

El análisis de costos de recolección, producción y comercialización de carbón de mezquite se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 17.- Costos de producción y comercialización de carbón de *Prosopis sp.*

<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Recolección	2	400
Procesado	2	400
Envasado	2	400
Comercialización	2	400
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>1,600</b>

Invirtiendo dos jornales para la recolección se estima que es posible coleccionar 1,000 kilogramos de madera, obteniéndose aproximadamente 450 kg de carbón. La utilidad bruta teniendo en cuenta el precio del kilogramo de carbón de mezquite en el mercado de 20 pesos, se estima una utilidad bruta de 7,400 pesos en 8 jornales invertidos.

#### 4.4.2.4. Inflorescencias

El aprovechamiento de las inflorescencias del mezquite representa un complemento productivo del sistema agroforestal. Una de las propuestas para este aprovechamiento es la instalación de módulos apícolas para satisfacer la demanda a nivel local y regional. Es necesario instalar las colmenas antes de la floración del mezquite en el altiplano, es decir a finales del mes de febrero y termina en mayo (Folliott, 1983). Para cada colmena del módulo se necesita una cámara y dos alzas por colmena o cajón (Hernández, 2001). Una colmena jumbo con tres alzas cuesta 820 pesos, el núcleo de abejas tiene un costo de 380, el kilogramo de cera es de 65 pesos (necesaria 1 kg por colmena con 3 alzas) (Alberto, 2000). De acuerdo a la cita anterior se estima que, en un bosque de mezquite con sistema silvopastoril en el estado de San Luis Potosí, con 2.5 a 3 alzas se obtienen en 4 cosechas secuenciadas.

En el cuadro 6 se presentan los costos de instalación de núcleos apícolas, mantenimiento, aprovechamiento y comercialización de miel de mezquite.

Cuadro 18.- Costos de aprovechamiento de inflorescencias de *Prosopis* sp., para la producción de miel.

<b>Actividad / Insumo</b>	<b>Jornales</b>	<b>Costo</b>
Colmenas	-	820
Núcleo de abejas	-	380
Cera	-	65
Instalación	2	400
Labores culturales	2	400
Cosecha	1	200
Envasado y comercialización	4	800
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>3,065</b>

El costo del kilogramo de miel orgánica de mezquite oscila en el mercado entre 150 a 250 pesos, por lo que el aprovechamiento de las inflorescencias para la producción de miel, ofrece la posibilidad de obtener 60 kilogramos de miel pura de mezquite (en dos cosechas en el mismo año). De manera que de la inversión de 8 jornales en el aprovechamiento apícola es posible obtener (con un precio de 200 pesos por kilogramo de miel) una utilidad bruta aproximada de 8,935 pesos.

En el cuadro 7 se presenta el canal de comercialización y precios de los productos de mezquite.

Cuadro 19.- Canales de comercialización de los productos de mezquite.

<b>Flujo comercial de los productos derivados del mezquite</b>			
<b>Producto</b>	<b>Canales de comercialización</b>	<b>Características</b>	<b>Precio</b>
Goma	Industria alimentaria	Kilogramo	400
	Industria Farmacéutica		
Inflorescencias	Industria cosmética	Kilogramo	200
	Productos herbolarios		
	Apicultura		
Semillas	Industria alimentaria	Kilogramo	300
	Industria herbolaria y farmacéutica		
Corteza y Hojas	Forraje	Volumen*	300
	Industria peletera		
	Herbolaria		
Leña	Combustible local	Volumen*	30
Carbón	Industria alimentaria	Kilogramo	20

A continuación, se presentan los resultados del análisis de costos de aprovechamiento, producción, comercialización; ingresos y utilidad bruta de los productos de mezquite.

Cuadro 20.- Análisis de ingreso y utilidad bruta de los productos de mezquite.

Estimación económica de los productos derivados de *Prosopis* sp. por hectárea

<b>Productos</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Utilidad bruta</b>
Goma	2,400	33,600	31,200
Miel	3,065	12,000	8,935
Corteza	600	6,000	5,400
Vainas	2,800	51,000	48,200
Carbón	1,600	9,000	7,400
Total	10,465	111,600	101,135

#### **4.4.3. Análisis del potencial agromedicinal del mezquite**

Usos Populares del Mezquite en el Altiplano Potosino-Zacatecano

En el contexto de la medicina popular mexicana, el mezquite es ampliamente aprovechado. Las hojas en té se toman para afecciones de vías respiratorias y como

analgésico, también para lavados de heridas y ojos. La cocción de corteza es empleada vía oral o localmente como antiinflamatorio, analgésico y antiséptico; la ceniza de mezquite es mezclada con cebo de venado o coyote y con hikury (*Lophophora williamsii*) deshidratado y pulverizado para desinflamar y anestesiar localmente. La goma es frecuentemente usada para contrarrestar infecciones, ya sea en vías respiratorias, gastrointestinales y de vías urinarias; aplicada con agua sobre el ombligo se usa para curar el mal de orín (incontinencia urinaria).

Las vainas son empleadas para preparar atole de mezquite, >>*se cortan las vainas maduras y se secan, luego se hierven en agua durante 15 minutos y se agrega la masa y dulce de palma (Yucca carnerosana)* <<, la vaina confiere un muy agradable olor, sabor y color. La harina de mezquite es regionalmente empleada en una mezcla (50%) con harina de trigo para preparar panes, galletas y obleas. Su madera debido a su durabilidad es particularmente empleada en la fabricación de juguetes como baleros, yoyos, trompos y utensilios como morteros, cucharones, palas y sillas. La raíz de mezquite es fermentada para obtener una bebida similar al pulque, también es empleada en la fabricación de artesanías que son vendidas a los turistas en distintos puntos del altiplano. La madera de mezquite es peculiarmente usada para fabricación de puertas en las zonas áridas del altiplano potosino. Es la especie arbórea del árido y semiárido que mayor beneficio ambiental proporciona, es frecuentemente plantado cerca del hogar ya que su sombra rala es fresca y disminuye significativamente la temperatura bajo su sombra, proporcionando así sombra al hogar y/o animales, también es una especie tolerada y apreciada en campo por estos beneficios.

#### **4.4.4. Aplicaciones terapéuticas del mezquite**

El efecto del mezquite en afecciones traumatológicas y reumáticas obedece quizá en los extractos de la planta ricos en prosopinina, un alcaloide con fuerte efecto anestésico (Bouhleb, 2007). La actividad antimicrobiana del alcaloide julifloricina aislado de *Prosopis juliflora*, ha demostrado efecto antimicrobiano en por lo menos 40 tipos de microorganismos que incluyen hongos, bacterias, virus y algunas especies del género *Candida* (Aqueel, 1989) y con efectos comparables a los de la

estreptomycin y la penicilina (Sthiya, 2008). Alcaloides de la misma especie tales como la juliflorina, juliprosina, julifloricina y julifloridina podrían tener los mismos efectos (Vimal, 1986).

Muy probablemente el uso del mezquite para tratar afecciones bucales, de garganta, desordenes urinarios, dermatitis, lepra, disentería, bronquitis, asma, enfermedades venéreas, dolor de oído y picaduras de animales ponzoñosos, entre otros usos, se sustente en el efecto antibacterial y antibiótico de estos alcaloides. La cocción de hojas y corteza tiene propiedades bactericidas y fungicidas; tintura de hojas y corteza presentan actividad contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia* sp. (Taisma, 2017).

El mezquite es visualizado actualmente como un potencial recurso terapéutico debido a la cantidad y calidad de las lectinas contenidas en sus vainas, estas moléculas ostentan gran importancia en la bioprospección actual. Las lectinas son un grupo diverso de proteínas ampliamente distribuidas en la naturaleza; su importancia radica en su exquisita selectividad y su potencial codificador de información de las estructuras de glicanos, el cual es superior a la de proteínas, ácidos nucleicos y otras macromoléculas (Hernández, 2005). Las lectinas aisladas de leguminosas son el grupo de estas proteínas vegetales más estudiado; el aporte proteico de la harina de vaina de mezquite es alto, el valor nutricional es bajo al ser de origen vegetal; las proteínas tienen menor contenido en aminoácidos azufrados respecto a otros alimentos. Son fuente de carbohidratos (almidón y fibra dietética), su contenido en lípidos es bajo y aportan vitaminas del grupo B predominantemente, así como calcio, hierro y fósforo.

En las plantas las lectinas cumplen diversas funciones como la regulación fisiológica, defensa mecánica contra ataque de microorganismos, almacenamiento de proteínas, transporte de carbohidratos, estimulación mitogénica, reconocimiento de las bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*, entre otras (Castillo-Villanueva, 2005).

Las lectinas resisten la degradación en el intestino delgado y también son resistentes a degradación por microbiota intestinal, de manera que la mayoría de las lectinas atraviesan el tubo digestivo conservando sus propiedades y funciones.

Se ha demostrado que las lectinas son mediadoras de padecimientos como diabetes insulino dependiente, artritis reumatoide, nefropatía por IgA y úlcera péptica (Nasi, 2009). Estas proteínas poseen actividad antitumoral (inhibiendo el crecimiento del tumor) y actividad anticarcinogénica (inhibición en la inducción del cáncer por carcinógenos) (Abdullaev, 1997). El efecto antitumoral de las lectinas ha sido demostrado en numerosos trabajos, por ejemplo, Lin (1970) demostró que la administración intraperitoneal de ricina (RCA) y arabina (APA) en ratones inducidos inhibe el crecimiento de tumores, se ha comprobado la inhibición del desarrollo tumoral en células de un poliovirus transformado (Shoham, 1970), el efecto citotóxico e inhibitorio del crecimiento de tumores (Knibbs, 1994) y además de la inhibición, el incremento en la posibilidad de vida de los organismos que desarrollan estos desordenes celulares (Ganguly, 1994).

Abdullaev (1997) expone que este efecto de las lectinas deriva de su capacidad para modular el crecimiento, diferenciación, proliferación y apoptosis, procesos mediados por receptores de superficie; demostrando que las lectinas vegetales son moduladores celulares en procesos como el crecimiento, adhesión, transformación maligna, metástasis y apoptosis, proponiendo que las lectinas pueden ser una herramienta útil en las investigaciones sobre el cáncer y como un recurso terapéutico (Castillo-Villanueva, 2005).

#### **4.4.5. Análisis del potencial ecológico del mezquite**

Las semillas de algunas especies ricas en lectinas contienen antinutrientes (no proteicos y proteicos) cuya presencia es una estrategia evolutiva que le permite a la planta sobrevivir y completar sus ciclos vitales en condiciones naturales frente a perturbaciones ecofisiográficas; algunos antinutrientes proteicos son inhibidores de tripsina y alfa amilasa y existe evidencia Rincón (2014) de que las lectinas son proteínas constitutivas de una estrategia de defensa de las plantas contra herbívoros e invertebrados al unirse específicamente a carbohidratos de origen

animal. Las lectinas no cumplen un rol de protección en la planta sino un rol positivo de resistencia para la supervivencia de las especies (Peumans, 1995).

En las plantas las lectinas cumplen diversas funciones como la regulación fisiológica, defensa mecánica contra ataque de microorganismos, almacenamiento de proteínas, transporte de carbohidratos, estimulación mitogénica, reconocimiento de las bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*, entre otras (Castillo-Villanueva, 2005).

La composición florística de en este sitio se caracteriza por la presencia de la especie arbórea freatófila (*Prosopis sp.*), cuyos mecanismos adaptativos relacionados a la absorción de agua, nutrientes y regulación de la transpiración, recrean microhabitats para otras especies, por lo cual se les considera especies nodrizas. Las estrategias adaptativas de estas especies incluyen la reducción de área foliar, de manera que contienen relativamente pocos estomas, con ello reducen la pérdida de agua por transpiración, esta reducción del área foliar propicia una sombra rala que permite el paso de un porcentaje de la radiación solar, necesaria para no inhibir el crecimiento de otras especies bajo su dosel, la cualidad de esta sombra proyectada implica una capacidad del mezquite para moderar el ambiente térmico bajo su área de goteo al interceptar el espectro electromagnético del sol, pero adicionalmente, reduce la temperatura del aire y del suelo, el enfriamiento convectivo de las plántulas por el viento es reducido cerca de su área. En este orden de ideas, la sombra, y por ende el enfriamiento de la superficie del suelo, reduce la evaporación del agua, lo cual puede favorecer adicionalmente a plántulas jóvenes (Granados, 2012). En el período invernal o heladas episódicas, las ramas y hojas de *Prosopis sp.* fungen como protección contra el frío para el meristemo apical de estratos inferiores. La sincronización de ciclos biológicos con la variación de la temperatura invernal, es otra estrategia adaptativa, por ejemplo, la época de formación de renuevos en el mezquite se extiende desde marzo hasta mayo, los folíolos permanecen en la planta de abril a diciembre, la caída de las hojas es en invierno, lo que implica una estrategia de protección para soportar las sequías provocadas por las temperaturas gélidas en invierno. Esta cualidad semi-cuducifolia del mezquite desempeña un importante balance en dos dimensiones: a) biológico.

- le permite inmovilizar los nutrientes limitantes (de marzo a diciembre) durante sus ciclos biológicos y b) ecológicos. - la mayoría de las especies del desierto tienden a retener determinados elementos en sus tallos y raíces, particularmente nitrógeno, fósforo y en algunos casos el potasio, antes de desprenderse de su superficie aérea, este fenómeno anual implica que *Prosopis sp.* ralentiza el reciclaje de nutrientes, lo cual evita la invasión de arbustos con los que competiría por nutrientes, energía y espacio (Granados, 2012), sin embargo, la deposición anual de los nutrientes que quedan en las hojas que caen, son captados y descompuestos bajo su dosel, sitio en el que las condiciones microclimáticas creadas por el mezquite favorecen la actividad biológica. El suelo también se enriquece bajo este árbol mediante dos procesos articulados, a) al ser una especie fijadora de nitrógeno, aumenta la disponibilidad de nutrientes, hecho que favorece el desarrollo de especies herbáceas lo cual atrae a herbívoros y b) la fauna que se sitúa bajo su dosel, ya sea en búsqueda de alimento o para gozar la sombra del mezquite aporta materia orgánica. Estos procesos recrean un microhábitat, lo cual devienen en un mantillo favorable para el desarrollo de especies del sotobosque, las plantas de hecho, crean islas de fertilidad bajo mezquites y huizaches, ya que se sabe que el contenido de nitrógeno bajo las plantas nodrizas puede ser 60% más alto en comparación con sitios expuestos (Granados, 2012).

La sincronización de sus ciclos biológicos también está vinculada a los periodos de lluvia, comenzando la fructificación en agosto y concluyendo en octubre, periodo que presenta mayor precipitación (80%) en el año en este sitio; las semillas producidas por estas especies están cubiertas por una vaina lignificada que protege a las semillas de la deshidratación y del espectro electromagnético solar, al madurar las vainas, caen al suelo donde quedan en estado de vida latente a la espera de condiciones favorables para su desarrollo. Estas vainas representan una fuente importante de alimento y forraje en los sitios donde se desarrolla; al ser una especie confinada a cuerpos de agua subterráneos (freatófila), el mezquite desarrollo en su sistema radicular una de sus principales adaptaciones morfológicas. Su raíz explora capas profundas del suelo pudiendo llegar a los 50 m, con ella extrae agua y

nutrientes de capas profundas del suelo, lo que implica un bombeo de nutrientes hacia la superficie.

#### **4.5. Conclusiones y Discusión**

La variedad de usos como recurso alimenticio y terapéutico del mezquite confieren justificación social al cultivo y conservación de esta especie; su importancia económica y ecológica es significativa por lo que propone como especie clave en el desarrollo de estrategias agroforestales en zonas áridas. Es una especie bien conocida, sin embargo, este árbol aún tiene mucho que ofrecer al campo, a la industria, a la ciencia, a la cultura y economía de México.

Esta especie es el ejemplo emblemático de que pensar los recursos locales como el máximo potencial en diversas dimensiones, siempre es lo más eficiente, aprovechando los procesos de adaptación biológica y cultural, que han atravesado las especies, formando parte de nuestro entorno, por lo que, al cultivarlo y conservarlo, se apropia, cultiva y conserva también el espacio y su significado.

El mezquite sin lugar a dudas es una especie con viabilidad económica ecológica y social que responde a las necesidades de la realidad social y natural del municipio de Catorce, San Luis Potosí, México.

#### **4.6. Literatura Citada**

- Abdullaev, F. (1997). Antitumor effect of plant lectins. *Natural toxins*, 5 (4), 157-163.
- Alberto, A. (2000). Aprovechamiento de bosque de mezquite con sistema silvopastoril-apícola en la llanura de Río Verde, SLP. INIFAP.
- Aqueel, A. (1989). Antimicrobial activity of julifloricine isolated from *Prosopis juliflora*. *Arzneimittel-forschung*, 39(6), 652-655.
- Armando, R. (1991). Reforestación con mezquite en la zona media y altiplano potosino. Centro de investigaciones forestales y agropecuarias de San Luis Potosí, 1-14.
- Bashan, Y. (2000). Assessment of mycorrhizal inoculum potential in relation to the establishment of cactus seedlings under mesquite nurse-trees in the Sonoran Desert. *Applied Soil Ecology*, 14(2), 165-175.

- Bouhleb, I. (2007). Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in different extracts from the leaves of *Acacia salicina* from center of Tunisia. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23 (1), 56-53.
- Braak, T. (1998). CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4). USA: Center for Biometry.
- Brown, D. (1982). Biotic communities: southwestern United States and northwestern Mexico. University of Utah Press.
- Bruneton. (2001). *Farmacognosia, fitoquímica, plantas medicinales* (2a ed. ed.). España: Acribia, 2a Edición.
- Brush, G. S. (1980). The natural forests of Maryland: an explanation of the vegetation map of Maryland. *Ecological Monographs*, 50(1), 77-92.
- Castillo-Villanueva, A. (2005). Lectinas vegetales y sus efectos en el cáncer. *Revista de investigación clínica.*, 57 (1), 55-64.
- CONAFOR. (2009). Impacto de las actividades económicas en los recursos agua, suelo y vegetación. Terra Latinoamericana.
- CONAFOR. (2009). Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado. Sonora, México: CONAFOR.
- CONANP. (2012). Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera "Wirikuta", en el estado de San Luis Potosí. San Luis Potosí: SEMARNAT.
- Folliott, P. (1983). Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. University of Arizona web journal.
- Ganguly, C. (1994). Plant lectins as inhibitors of tumour growth and modulators of host immune response. *Chemotherapy*, 40 (4), 272-278.
- Gonzales, O. (2003). Flora vascular de la sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta botánica mexicana*, (78), 1-38.
- González-Costilla, O. (2007). Flora vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta botánica mexicana.*, (78), 1-38.
- Granados. (2012). *Ecología de los desiertos del mundo*. Universidad Autónoma Chapingo: Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicio.
- Hernández, P. (2005). Las lectinas vegetales como modelo de estudio de las interacciones proteína-carbohidrato\*. *Revista de educación bioquímica*, 24(1), 21-27.

- Hernández, R. (2001). Establecimiento y manejo de un módulo silvopastoril de mezquite en la zona media de San Luis Potosí. SAGARPA-INIFAP-CIRNE., 15, 1-26.
- Herrera-Arreola, G. (2007). Mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), huisache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) and catclaw (*Mimosa biuncifera* Benth.) and their effect on dynamics of carbon and nitrogen in soils of the semi-arid highlands of Durango Mexico. *Journal of Arid Environments*, 69(4), 583-598.
- INEGI. (2016, Abril 27). INEGI. Retrieved from Censos Agropecuarios y Ejidales: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/agro/amca/>
- INIFAP. (2011). Establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en Taumulipas. Tamaulipas: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Knibbs, R. (1994). Wild-type and cultured Ehrlich ascites tumor cells differ in tumorigenicity, lectin binding patterns and binding to basement membranes. *Glycobiology*, 4 (4), 419-428.
- Lin, J. (1970). Abrin and ricin: new anti-tumor substances. *Nature.*, 227 (5255), 292.
- López-Fanco, Y. (2006). Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia*, 31 (183-189).
- Maldonado, L. (2000). El mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. El mezquite árbol de usos múltiples: estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, 37-50.
- Montaña, C. (1990). A floristic-structural gradient related to land forms in the southern Chihuahuan Desert. *Journal of Vegetation Science.*, 1(5), 669-674.
- Nasi, A. (2009). Proteomic approaches to study structure, functions and toxicity of legume seeds lectins. Perspectives for the assessment of food quality and safety. *Journal of Proteomics.*, 72 (3), 527-538.
- Peumans, W. (1995). The role of lectins in plant defense. *The Histochemical Journal*, 27 (4), 253-271.
- Philip, P. (1977). La guerra chichimeca (1550-1600). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Reyes, O. (2007). Situación productiva del ecosistema mezquital en el ejido Acacio Durango. Torreón, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Reyes-Reyes, B. G. (2003). Decomposition of leaves of huisache (*Acacia tortuosa*) and mesquite (*Prosopis* spp) in soil of the central highlands of Mexico. *Plant and soil*, 256(2), 359-370.

- Rincón. (2014). Lectinas de leguminosas: significación nutricional, toxicidad y aplicaciones. Departamento de Pedriatría, Inmunología, Obstetricia y Ginecología, Nutrición y Bromatología, Psiquiatría e Historia de la Medicina.
- Rzedowski, J. (1994). Vegetación de México. Limusa, Noriega Editores.
- SEDUVOP. (2006). Plan de Desarrollo Urbano de Catorce, S.L.P. San Luis Potosí: Secretaría de Desarrollo Urbano Viviendas y Obras Públicas (SEDUVOP).
- SEGAM. (2008). Plan de Manejo del Sitio Sagrado Natural de Wirikuta. San Luis Potosí: SEGAM.
- Shoham, J. (1970). Differential toxicity on normal and transformed cells in vitro and inhibition of tumour development in vivo by concanavalin A. *Nature.*, 227 (5264), 1244.
- Sthiya, M. (2008). Investigation of phytochemical profile and antibacterial profile and antibacterial potential of ethanolic leaf extract of *Prosopis juliflora* DC. *Ethnobotanical leaflets*, 1(167).
- Taisma, M. (2017). Usos medicinales de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en comunidades rurales de la península de Paraguaná, Venezuela. *Revista peruana de biología*, 24 (1), 79-86.
- Vernon-Carter, E. (2000). Mesquite gum (*Prosopis* gum). *Developments in food science*, 41 (217-238).
- Vimal, O. (1986). *Prosopis juliflora*: chemistry and utilization. *Wasteland Development: Agroforestry Center*, 1-8.

## **5. ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LAS SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES MUNICIPIO DE CATORCE, SAN LUIS POTOSÍ**

### **5.1. Resumen**

La ordenación es un término aplicado en ecología vegetal a una serie de técnicas como las multivariadas, cuyo objetivo es encontrar patrones de respuesta y generar hipótesis sobre las posibles relaciones existentes entre la composición de especies en determinados sitios, con respecto a gradientes ambientales. Esta investigación tiene como objetivo registrar patrones de distribución de la vegetación en la subprovincia fisiográfica Sierras y Llanuras Occidentales en el municipio de Catorce, San Luis Potosí, México. Fueron elegidos un total de seis sitios de muestreo, desde pie de monte bajo al oeste de la Sierra de Catorce (SC), valle o planicie de drenaje endorreico y sierra baja plegada con lomerío. En cada sitio se analizó la composición florística, la estructura vertical y horizontal y las características principales del suelo. Los resultados indican que los factores ambientales indirectos que explican en mayor grado la distribución observada son la porosidad del suelo, pH, K, Ca, Fe y altitud, factores que influyen en la disponibilidad de agua para las especies.

Palabras clave: ordenación de vegetación, Wirikuta, zonas áridas.

### **Abstract**

In plant ecology the term ordination is applied to series of techniques, like multivariate ones, whose objective is to find response patterns and to generate hypotheses about the possible relationships between the composition of species, in certain sites, in relation to environmental gradients. The objective of this research is to record patterns of vegetation distribution in the physiographic subprovince Sierras y Llanuras Occidentales in the municipality of Catorce, San Luis Potosí, Mexico. A total of six sampling sites were chosen, from piedmont of the low mountain to the west of the Sierra de Catorce, valley or endorheic drainage plain and low mountain range folded with hills. In each site the floristic composition, the vertical and horizontal structure and the main characteristics of the soil were analyzed. According to the results, the environmental factors that explain to a greater degree the

observed distribution were the porosity of the soil, the soil pH, K, Fe and the altitude, factors that influence the availability of water for the species.

Key words: ordination of vegetation, arid zones, Wirikuta.

## **5.2. Introducción**

De manera general desierto es aquella superficie de tierra cuyos potenciales biológicos están severamente limitados por la escasez de agua y se caracteriza por precipitaciones pluviales menores a 250 mm anuales y temperaturas generalmente muy elevadas, incluye a las estepas con precipitaciones anuales de 250 a 500 mm, con fluctuaciones diarias y anuales de temperatura (Granados, 2012).

Los factores que influyen en la distribución y abundancia de especies en sitios áridos y semiáridos son diversos; sin embargo, de acuerdo con Pavón (2000), la disponibilidad de agua y la diferenciación en los factores físicos relacionados a dicha disponibilidad son elementos primordiales que puede explicar la variación en los patrones de distribución de la vegetación. Por otra parte, Schlesinger (1998) sostiene que la distribución de arbustos en hábitats desérticos está fuertemente correlacionada con la presencia en el suelo de N, P y K; debido a que bajo su dosel concentran el ciclo biogeoquímico de estos elementos en “islas de fertilidad”. Aguilera (1989) destaca que la disponibilidad de agua para las plantas es influenciada por el tipo de suelo y el relieve; siendo la porosidad del suelo una variable importante ya que influye en la provisión de agua y oxígeno para el crecimiento de las raíces, además la movilidad del agua en el suelo está relacionada con la cantidad y el tamaño de los poros del mismo. La capacidad de una especie para cubrir sus requerimientos en un tiempo y espacio determinado es influenciada por sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas; atributos de gran importancia para relacionar una especie de planta con su nicho particular (Granados, 2012).

La región árida más grande del continente americano es el Desierto Chihuahuense (DC), ecorregión ubicada en una planicie triangular, al norte de México entre la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, la cual se prolonga hacia Nuevo México y Texas. Se estima que en el DC existen 324 especies de cactáceas, 30% de las que hay en el planeta, la mayoría son endémicas

(Rzedowski, 1994), reconociéndose a San Luis Potosí como el estado con mayor diversidad de especies, con 151 (Sierra, 2011). Del total de 826 taxones registrados en el DC, 560 (67.8%) son endémicos, 165 (20%) cuasi-endémicos y 176 (21.6%) micro-endémicos (Villarreal, 2017). Con 17 géneros de cactus (43.6%) y 229 especies (70%) restringidas geográficamente al DC, se confirma que la tasa de endemismo en esta región es sobresaliente (Hernández, 2004).

Las Sierras y Llanuras Occidentales del municipio de catorce, son una superficie árida de gran interés para estudios de vegetación, debido a su composición de especies endémicas, de distribución restringida y en peligro de extinción; también su topografía, edafología y deterioro permanente que han sufrido, son tema de peculiar interés en esta área natural protegida (ANP) bajo el estatus de “Sitio Sagrado Natural “que alberga una herencia biocultural excepcional.

El objetivo de esta investigación fue emplear técnicas multivariadas para identificar patrones de distribución de la vegetación a lo largo de gradientes ambientales en los valles y llanuras occidentales del municipio de Catorce, San Luis Potosí (SLP).

### **5.3. Materiales y Métodos**

La investigación se realizó en la subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales, municipio de Catorce, SLP. Esta área forma parte de la provincia fisiográfica Mesa del Centro, al poniente de la SC, en el cuadrante suroriental de la ecorregión del DC; al sureste del altiplano potosino-zacatecano, en la porción noroeste del estado de SLP, en valles y llanuras intermontanos de drenaje endorreico formados principalmente por grava, arcillas y arenas, que constituyen estructuras de acumulación forzada a partir de acarreos fluviales de materiales originados en la SC.

Los tipos de clima en el sitio de estudio son árido-templado (BSokw), y muy árido-templado (BWkw). Los tipos de suelos predominantes en las planicies situadas en los flancos este y oeste de la SC son xerosoles; suelos preponderantes en las planicies situadas en los flancos este y oeste de la SC, caracterizados por presentar una capa superficial de material claro con bajo contenido de materia orgánica (CONANP, 2012).

Se realizaron recorridos de campo para determinar los tipos de vegetación a través de un gradiente altitudinal de 300 m (1,600 – 1,910 msnm); se establecieron tres áreas principales de muestreo en función del reconocimiento de las diferentes asociaciones vegetales observadas: el matorral desértico microfilo (MDM) en el valle, matorral desértico rosetófilo (MDR) en sierra baja y bosque abierto de mezquite o bosque espinoso (BE) a pie de monte de la SC.

Se elaboró un mapa de tipos de vegetación (Figura 1) del municipio de catorce, en el que se señalan los tres sitios de muestreo elegidos, para lo cual se empleó el programa ArcGis 10.3.

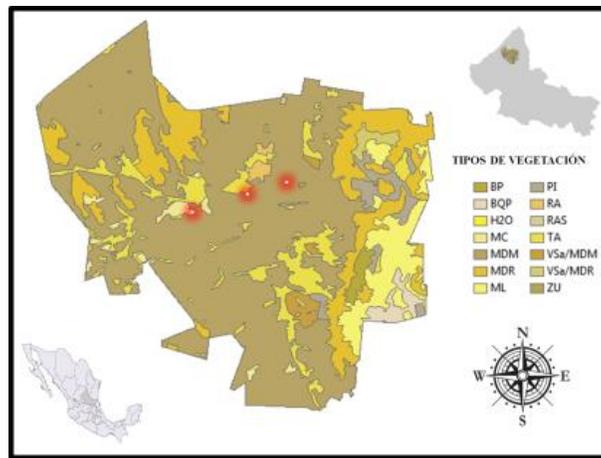


Figura 5.- Tipos de vegetación y sitios de muestreados en el municipio de Catorce, S.L.P.

Fueron levantados un total de 6 sitios de muestreo (dos en cada tipo de comunidad observada) a través de dos transectos paralelos con una distancia de 3 km entre sí. El método de muestreo empleado para caracterizar cuantitativamente las diferentes comunidades vegetales fue punto central y cuadrantes (Brush, 1980); este método consiste en trazar en campo dos ejes o líneas perpendiculares, formando un plano cartesiano, conformado por cuadro cuadrantes; dentro de cada cuadrante se considera a la especie perenne más cercana al origen (intersección de las coordenadas), se identifica y se mide la distancia existente entre la base de la especie y el origen de las coordenadas y el diámetro a la altura de la base (DAB).

Fueron seleccionados un total de 10 puntos al zar dentro de cada sitio de muestreo a través de un transecto con orientación este-oeste (a favor de la pendiente); con

este muestreo es posible obtener parámetros como dominancia absoluta y relativa, número de individuos de una especie en 100 m<sup>2</sup>, número de individuos de una misma especie, frecuencia absoluta y relativa, área basal y valor de importancia relativa (VIR).

En cada punto de muestreo (punto central y cuadrantes), se analizó la vegetación (perennes y anuales) en un cuadrante de 10x10 m, dentro del cual se registró la composición florística en una matriz de datos con atributos cualitativos (presencia-ausencia). Las plantas que no pudieron ser identificadas en campo fueron recolectadas y prensadas para su posterior identificación; el material botánico recolectado fue trasladado al Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, donde fue identificado.

En los sitios muestreados se obtuvo la altitud (msnm), se obtuvieron muestras compuestas de suelo de cada una de las asociaciones vegetales (MDM, MDR y BE), de aproximadamente 1 kg, fueron enviadas al Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo para la determinación de sus características generales (pH, N, K, P, Ca, Fe y textura) mediante los siguientes procedimientos:

- pH: Potenciométrico, relación suelo-agua, 1:2.
- Nitrógeno inorgánico (N. Inorg.): Extraído con cloruro de potasio 2 N y determinado por arrastre de vapor.
- Fósforo asimilable (P): Olsen.
- Potasio (K): Extraído en acetato de amonio 1 N, pH 7, relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- Fe (Hierro): Extraído con DTPA en una relación 1:4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- Calcio (Ca): Extraído en acetato de amonio 1 N, pH 7, relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- Textura (TEX): Hidrómetro de bouyucos.

La ordenación de la vegetación fue de dos tipos: 1) ordenación indirecta mediante el análisis de agrupamiento, construyendo las agrupaciones en conjuntos de alta similitud interna o disimilitud, tomando en cuenta los miembros de otros grupos. La estructura de la clasificación obtenida de la matriz de similitud se representó en un dendrograma (Rocha, 2006). Para la clasificación numérica de la vegetación por medio de clústeres basados en medidas de distancia y métodos de unión de grupos

se empleó el programa SPSS V23.0. Esta clasificación se realizó a partir de variables cualitativas, con base en atributos binarios (presencia ausencia) y fue tipo politética aglomerativa. Se incluyeron un total de 78 especies. Los grupos fueron formados empleando el índice de Jaccard como medida de distancia, y como algoritmo de unión el promedio entre grupos; y 2) ordenación directa mediante análisis de correspondencia canónica (ACC), la cual es una técnica que representa un caso especial de regresión múltiple, donde la composición de las especies es directamente relacionada con las variables ambientales (Gonzales, 2003); para realizar el análisis se utilizó el programa de cálculo CANOCO, y se elaboró su representación gráfica empleando el programa CANODRAW (Braak, 1998).

Se estimó el valor de importancia relativa de las especies y se elaboró un perfil fisionómico para describir las comunidades; se empleó el programa Lumion. La descripción de las comunidades se realizó con base en la literatura (Granados (2012), González-Costilla (2007), CONANP (2012)), y en la observación en recorridos de campo con actores clave (productores, recolectores, vendedores de planta medicinal, botánicos y especialistas en plantas medicinales).

## **5.4. Resultados y Discusión**

### **5.4.1. Análisis de Correspondencia**

La ordenación indirecta o análisis de correspondencia (AC) de las especies en los seis sitios muestreados se presenta en un dendrograma (Figura 2). Se aprecian de forma general tres asociaciones vegetales eligiendo como nivel de corte 41% de la información (media). La primera asociación es de matorral (sitios 1 y 2), el MDM, ubicado en el valle entre la SC y sierra baja, a una altitud de 1,600 msnm al noroeste de la comunidad La Borrega. El segundo tipo de vegetación (sitios 5 y 6) es el BE, ubicado a pie de monte de la Sierra de Catorce a una altitud de 1,770 msnm en la comunidad de San Cristóbal. El tercer grupo (sitios 3 y 4) es el MDR, distribuido en sierra baja con lomerío, a una altitud de 1,910 msnm al noreste de la comunidad El Tecolote.

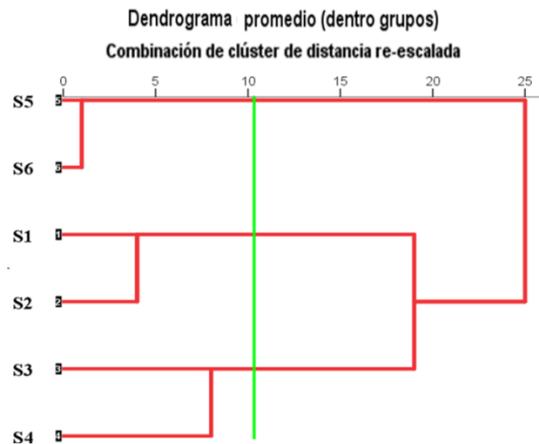


Figura 6.- Dendrograma que muestra relaciones jerárquicas entre sitios muestreados.

En el AC se reduce el espacio multidimensional, conservando las distancias entre los objetos (muestras de vegetación). Haciendo posible determinar la proximidad estructural o correspondencia entre las columnas (sitios de muestreo) y las filas (especies) de la matriz de datos (Cruz, 1991). Los valores del Cuadro 1 presentan los valores de proximidad o correspondencia entre las especies y sitios de muestreo para los primeros ejes de ordenación.

Cuadro 21.- Valores de correspondencia entre las especies y los sitios de muestreo para los ejes de ordenación.

Matriz de proximidades						
Objetos	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1						.239
S2	.923					.250
S3	.400	.443				.277
S4	.412	.456	.821			.246
S5	.239	.250	.277	.246		1.000
S6	.239	.250	.277	.246	0.996	1.000

En la Figura 3 es posible visualizar que los sitios de muestreo 1 y 2 están ubicados muy cerca entre sí, esto significa que los sitios comparten gran número de especies; de manera similar, los sitios de muestreo 3 y 4 tienen una proximidad reducida, así como los sitios 5 y 6.

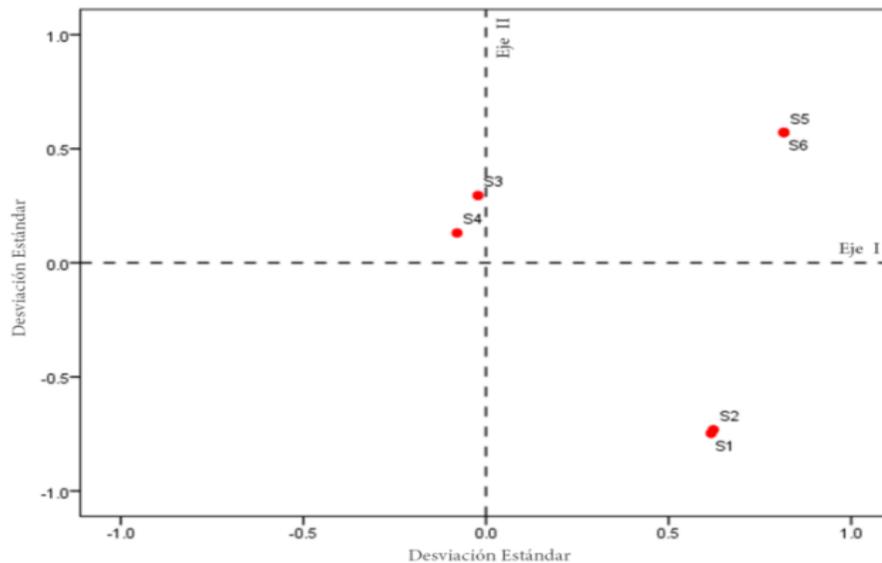


Figura 7.- Diagrama de ordenación indirecta, ubicación de sitios de muestreo en el espacio de ordenación.

## 5.4.2. Descripción de las comunidades vegetales

### 5.4.2.1. La Borrega, Municipio de Catorce, San Luis Potosí

El MDM de este sitio se ubica 10 km al poniente de la SC en la subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales, en un valle de drenaje endorreico, compuesto por material de acarreo principalmente grava, arcillas y arenas. Se localiza en las coordenadas geográficas 23°43'52.5"N y 101°04'46.0"O, se desarrolla a una altitud de 1,600 msnm; presenta una precipitación anual media 311 mm, el clima se considera árido-templado (BSokw), con verano cálido, temperatura media anual de 12° a 18 °C, la del mes más frío entre -3° y 18 °C, y la del mes más cálido >18 °C, lluvias de verano del 5 al 10% anual.

Los suelos de la zona presentan la siguiente composición química: pH de 7.78; N 3.8 mg kg<sup>-1</sup>; P 22.81 mg kg<sup>-1</sup>, K 490 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 6721 mg kg<sup>-1</sup>; Fe 2.37 mg kg<sup>-1</sup>; El suelo está compuesto por 54.4% de arena, 29.3% de limo y 16.4% de arcilla, la textura es franco-arenosa.

El contenido de materia orgánica y la textura del suelo obtenidas en los análisis de las muestras de suelo de este sitio, coinciden con los resultados del estudio realizado por la CONANP (2012), en el cual se indica que esta planicie (con suelos

xerosoles) se caracteriza por presentar una capa superficial de material claro, debida al bajo contenido de materia orgánica.

En una evaluación a lo largo de un transecto permanente (3 años), que atraviesa una cuenca endorreica en la porción norte del DC, en el centro-sur de Nuevo México, se determinó que el estrato arbustivo dominado por *Larrea tridentata* D. Burckhardt, se extendía en la porción xérica, muy baja en nitrógeno; las hierbas perennes con senda fotosintética C4, los arbustos con senda C3 y las herbáceas fueron co-dominantes en los sitios intermedios a lo largo del gradiente (Cornelius, 1991).

Este matorral se caracteriza por la dominancia de especies arbustivas de hojas pequeñas, plantas crasas, y efímeras que se desarrollan a lo largo de abanicos aluviales, planicies, bajadas, valles y lomeríos suaves; su principal distribución son los valles, donde los suelos son de textura fina, profundos a relativamente profundos y presentan una capa de rocas. Son pocas las variantes de importancia que posee este tipo de vegetación y las zonas de transición con otras comunidades son tan paulatinas que imposibilita una delimitación precisa (Granados, 2012).

Se halló una riqueza de cactáceas de 10 especies en este sitio, entre las que destacan *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth, *Cylindropuntia leptocaulis* J. Jones, *Echinocactus horzonthalonius* J. Daniel, *Echinocactus platyacanthus* R. F. del Castillo, *Echinocereus enneacanthus* D. Sánchez, *Echinocereus pectinatus* N. P. Taylor, *Escobaria dasyacantha* D. R. Hunt, *Ferocactus hamatacanthus* J. Y. Clark, *Ferocactus latispinus* J. H. Cota, *Ferocactus pilosus* N. P. Taylor, *Ferocactus stainesii* R. S. Wallace, *Lophophora williamsii* E. F. Anderson, *Opuntia rastrera* J. A. Reyes-Agüero, y *Opuntia tunicata* A. C. Gibson.

En este matorral se identificaron 28 especies distribuidas en 12 familias, de las cuales Cactaceae y Asteraceae fueron las más representativas, con 9 y 6 especies, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 22.- Listado florístico del MDM, en sitios 1 y 2; próximos a la comunidad La Borrega.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
Amaranthaceae	<i>Atriplex canescens</i>	Chamizo
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla
	<i>Yucca carnerosana</i>	Palma samandoca
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i>	Damianilla
	<i>Flourensia cernua</i>	Hoja Sén
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Jarrilla
	<i>Parthenium incanum</i>	Mariola / Copalillo
	<i>Zaluzania triloba</i>	Altamiza
	<i>Zinnia acerosa</i>	Hierba del burro
Cactaceae	<i>Coryphantha poselgeriana</i>	Biznaga mancacaballos
	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Coyonoxtle
	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Tasajillo
	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga burra
	<i>Echinocereus enneacanthus</i>	Alicoche verdadero
	<i>Echinocereus stramineus</i>	Alicoche
	<i>Lophophora williamsii</i>	Hikury
	<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero
Cucurbitaceae	<i>Opuntia tunicata</i>	Clavellina
	<i>Ibervillea sonora</i>	Wereke
Ephedraceae	<i>Ephedra compacta</i>	Sanguinaria / pito real
	<i>Ephedra trifurca</i>	Hierba de la golondrina
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago
Koeberlineaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i>	Mejorana (azul)
Poaceae	<i>Bouteloua chasei</i>	Zacate navajita
	<i>Muhlenbergia purpusii</i>	Zacate rojo
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora

De las especies identificadas, seis son endémicas *Yucca carnerosana* S. D. McKelvey, *Zaluzania triloba* J. L. Strother, *Coryphantha poselgeriana* M. A. Baker, *Echinocactus platyacanthus*, *Opuntia rastrera*, *Ephedra compacta* L. V. Anueva-Almanza, de las cuales dos se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT 2010: biznaga mancacaballos (*Coryphantha poselgeriana*), cuyo estatus es de amenazada, y biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*), sometida a protección

especial; también de este sitio se halla dentro de la norma el hikury (*Lophophora williamsii*), cactácea sometida a protección especial.



Figura 8.- Especies del MDM en la comunidad La Borrega, municipio de Catorce, S.L.P.

El análisis de valor de importancia relativa (VIR) se presenta en el Cuadro 3, donde se aprecian las especies con VIR más alto: *L. tridentata*, seguida por *C. leptocaulis*, *Jatropha dioica* B. Dehgan, *O. tunicata*, *F. cernua* M. O. Dillon y *E. enneacanthus*.

Cuadro 23.- Valores de importancia para las especies del MDM, comunidad La Borrega, municipio de Catorce.

Espece	ABM <sup>Z</sup>	AA <sup>Y</sup>	FA <sup>X</sup>	DA <sup>W</sup>	AR <sup>V</sup>	FR <sup>U</sup>	DR <sup>T</sup>	VIR <sup>S</sup>
<i>Larrea tridentata</i>	10.9	29.0	26.0	50.0	24.2	22.6	22.6	23.1
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	4.4	19.0	14.0	29.9	15.8	13.2	6.0	11.7
<i>Jatropha dioica</i>	8.5	10.0	7.0	15.8	8.3	6.6	6.1	7.0
<i>Opuntia tunicata</i>	23.3	6.0	6.0	12.1	5.0	5.7	10.0	6.9
<i>Flourensia cernua</i>	10.0	8.0	8.0	15.0	6.7	7.6	5.7	6.6
<i>Echinocereus enneacanthus</i>	25.2	5.0	5.0	10.1	4.2	4.7	9.0	6.0

<sup>Z</sup> Área basal media; <sup>Y</sup> abundancia absoluta; <sup>X</sup> frecuencia absoluta; <sup>W</sup> dominancia absoluta; <sup>V</sup> abundancia relativa; <sup>U</sup> frecuencia relativa; <sup>T</sup> dominancia relativa; <sup>S</sup> valor de importancia relativa.

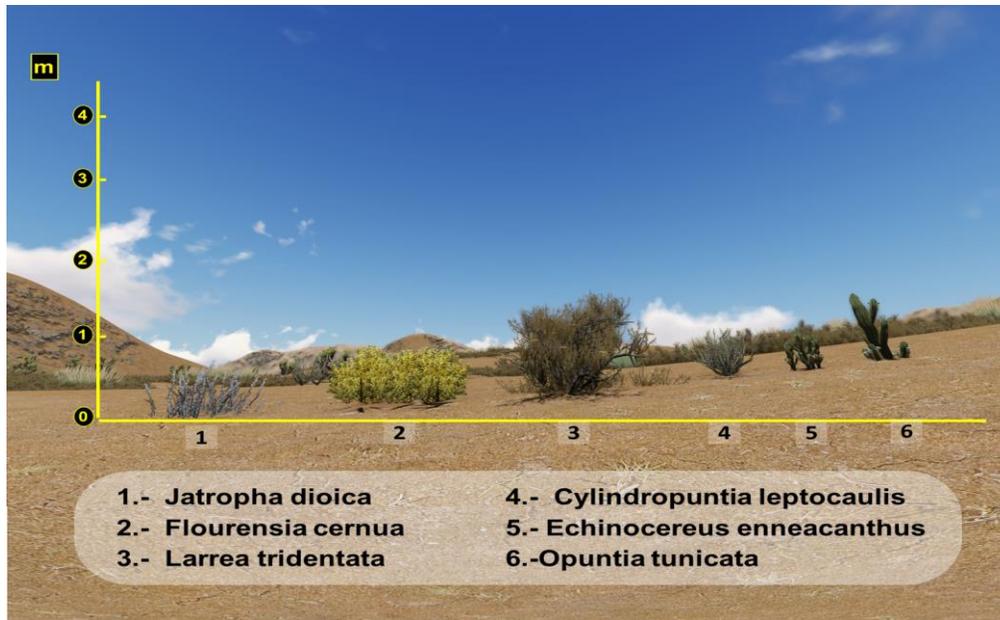


Figura 9.- Perfil semi realista del MDM de la comunidad La Borrega.

Los resultados antes presentados son análogos a la descripción que se realiza en el análisis de la flora vascular, realizado en la SC y territorios adyacentes (González-Costilla, 2007); en el cual se describe a esta área como una formación dominada por las especies *Larrea tridentata*, *Parthenium incanum* G. K. Brizicky, *Zinnia acerosa* A. M. Torres, *Flourensia cernua*, *Opuntia imbricata*, *Opuntia leptocaulis*, *Prosopis laevigata* M. C. Johnston y *Fouquieria splendens* M. Baker. De acuerdo con Marroquín (1964), el estrato dominante en este tipo de matorral es el estrato arbustivo e incluye con frecuencia a *L. tridentata* y *F. cernua*.

#### 5.4.2.2. San Cristóbal, Municipio de Catorce, San Luis Potosí

El BE se localiza en el lindero de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental y Mesa del Centro. Ubicado a pie de monte bajo 6 km al oeste de la SC, en valles y llanuras intermontanas de drenaje endorreico, conformados por estructuras de acumulación forzada. Ahí suele presentarse la denominada playa de sustrato arenoso a una altitud de 1,770 msnm. La temperatura media anual es 16.6° C, con una máxima de 37° C y una mínima de -7° C. La precipitación media anual es de 311 mm. El clima se considera templado-seco (BS<sub>0</sub> hx'), el más seco de los BS, semicálido con régimen de lluvias intermedio, invierno fresco y con precipitación invernal mayor a 18% (SEDUVOP, 2006).

Esta área es catalogada como una superficie fértil y con potencial agrícola, con disponibilidad de agua subterránea, cuya salinidad es alta, y bajo contenido de sodio. Sin embargo, también es clasificado como un sitio abierto de mezquite con un grado de erosión muy alto, debido a la acción del viento y suelo arenoso. Se encuentra en el límite norte del ANP, por lo que su expansión agrícola compromete la conservación del sitio.

Los suelos de la zona presentan la siguiente composición química: pH de 7.31; N 26.3 mg kg<sup>-1</sup>; P 31.9 mg kg<sup>-1</sup>; K 2240 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 6206 mg kg<sup>-1</sup>; Fe 3.4 mg kg<sup>-1</sup>. El suelo está compuesto por 46.4% de arena, 39.3% de limo y 14.4% de arcilla, la textura es franca.

El alto contenido de fósforo, potasio, y materia orgánica del suelo de este sitio (en comparación con el MDM) se debe quizás a la presencia de *Prosopis* sp., ya que estudios en zonas áridas demuestran que, por ejemplo, el mezquite tiene efectos positivos en los ecosistemas áridos y semiáridos a medida que aumentan el contenido de N y materia orgánica en el suelo (Herrera-Arreola, 2007). Un estudio en el altiplano mexicano Reyes-Reyes (2003) reporta que la mineralización de C en las hojas de mezquite es mayor que en las hojas de huizache, también demuestra que la liberación de N de las hojas es mayor cuando el contenido de materia orgánica del suelo es menor; este trabajo permitió demostrar que bajo el dosel del mezquite se acumula materia orgánica, microorganismos y nutrientes.

En esta área, la presencia de especies arbustivas de hojas pequeñas y plantas efímeras características del MDM es frecuente. No obstante, este sitio se destaca por la presencia de especies freatófilas arbustivas y arbóreas, principalmente *Prosopis* L., y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Su principal distribución está influenciada por cuerpos de agua subterráneos, por lo que su presencia en pie de monte es abundante; se desarrolla a lo largo de abanicos aluviales en los que comparte la dominancia con *Lycium berlandieri* (T. Fukuda), *L. tridentata*, *F. cernua* y *Rhus Microphylla* (J. S. Lassetter).

La riqueza de cactáceas en este sitio es baja, únicamente se encontró la especie *Cylindropuntia leptocaulis*, planta que se encuentra también en el MDM y MDR.

En esta comunidad vegetal se identificaron 22 especies distribuidas en 11 familias, de las cuales las familias Asraceae y Ephedraceae fueron las más representativas (Cuadro 4).

Cuadro 24.- Listado florístico del BE en sitios 5 y 6, de San Cristóbal, Municipio de Catorce, S.L.P.

<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
Anacardiaceae	<i>Rhus Microphylla</i>	Agrillo
Asteraceae	<i>Artemisia filifolia</i>	Yerba amarga / Istafiate
	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Estafiate
	<i>Bidens odorata</i>	Aceitilla
	<i>Flourensia cernua</i>	Hoja Sén
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Jarrilla
	<i>Trixis angustifolia</i>	Árnica
	<i>Zaluzania triloba</i>	Altamiza
	<i>Zinnia acerosa</i>	Hierba del burro
Cactaceae	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Tasajillo
Ephedraceae	<i>Ephedra compacta</i>	Sanguinaria / pito real
	<i>Ephedra trifurca</i>	Hierba de la golondrina
	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	Hiuzache
	<i>Mimosa zygophylla</i>	Uña de gato
Fabaceae	<i>Prosopis sp.</i>	Mezquite
Koeberlineaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i>	Mejorana (azul)
Poaceae	<i>Bouteloua scorpioides</i>	Zacate escorpión
Solanaceae	<i>Lycium berlandieri</i>	Cilindrillo espino
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora

De las especies identificadas existen dos endémicas: la altamiza (*Zaluzania triloba*) J.L. Strother y la sanguinaria o pito real (*Ephedra compacta*). En este sitio no se encontraron especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT 2010. El sitio exhibe el porcentaje más alto de especies anuales (14%) lo cual podría explicarse por los microhábitat o islas de fertilidad creadas por el mezquite. Por ejemplo, se sabe que el potencial de inóculo de hongos micorrizales vesiculares-arbusculares benéficos es mayor bajo el dosel de mezquite y, por lo tanto, más favorable para el

establecimiento de plántulas en comparación con las áreas áridas adyacentes lejos de los árboles (Bashan, 2000).

Las especies asociadas en este sitio fueron: *Ephedra compacta*, *Bouteloua scorpioides* J.T. Columbus, *Artemisia filifolia* E. D. McArthur, *Bidens odorata* W. C. Yang, *Zinnia acerosa*, *Artemisia ludoviciana* E. D. McArthur, *Flourensia cernua*, *Gymnosperma glutinosum* J. Ruffin, *Koeberlinia spinosa* W. C. Holmes y *Larrea tridentata*.



Figura 10.-Comunidades de mezquite del municipio de Catorce, SLP.

El número de especies en esta área es la más baja de los tres sitios, resultado similar a lo reportado por el estudio realizado en el sur del DC (Montaña, 1990), en el que se encontró que la menor riqueza de especies se ubica en la playa de sustrato arenoso.

El análisis de valor de importancia relativa (VIR) se presenta en el cuadro 5, en el cual se aprecian las especies con VIR más alto: *Lycium berlandieri*, seguida por *Prosopis* sp., *L. tridentata*, *F. cernua*, *R. Microphylla* y *C. leptocaulis*.

Cuadro 25.- Valores de importancia para las especies del BE, comunidad San Cristóbal, municipio de Catorce.

<b>Especie</b>	<b>ABM<sup>Z</sup></b>	<b>AA<sup>Y</sup></b>	<b>FA<sup>X</sup></b>	<b>DA<sup>W</sup></b>	<b>AR<sup>V</sup></b>	<b>FR<sup>U</sup></b>	<b>DR<sup>T</sup></b>	<b>VIR<sup>S</sup></b>
<i>Lycium berlandieri</i>	5.6	14.0	14	0.78	11.7	11.8	9.40	10.9
<i>Prosopis</i> sp.	16.6	8.0	8	1.33	6.7	6.7	16.02	9.8
<i>Larrea tridentata</i>	5.1	13.0	12	0.66	10.8	10.1	7.95	9.6

<i>Flourensia cernua</i>	7.6	11.0	10	0.84	9.2	8.4	10.12	9.2
<i>Rhus Microphylla</i>	6.3	12.0	10	0.75	10.0	8.4	9.04	9.1
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	4.3	12.0	12	0.52	10.0	10.1	6.27	8.8

<sup>Z</sup> Área basal media; <sup>Y</sup> abundancia absoluta; <sup>X</sup> frecuencia absoluta; <sup>W</sup> dominancia absoluta; <sup>V</sup> abundancia relativa; <sup>U</sup> frecuencia relativa; <sup>T</sup> dominancia relativa; <sup>S</sup> valor de importancia relativa.

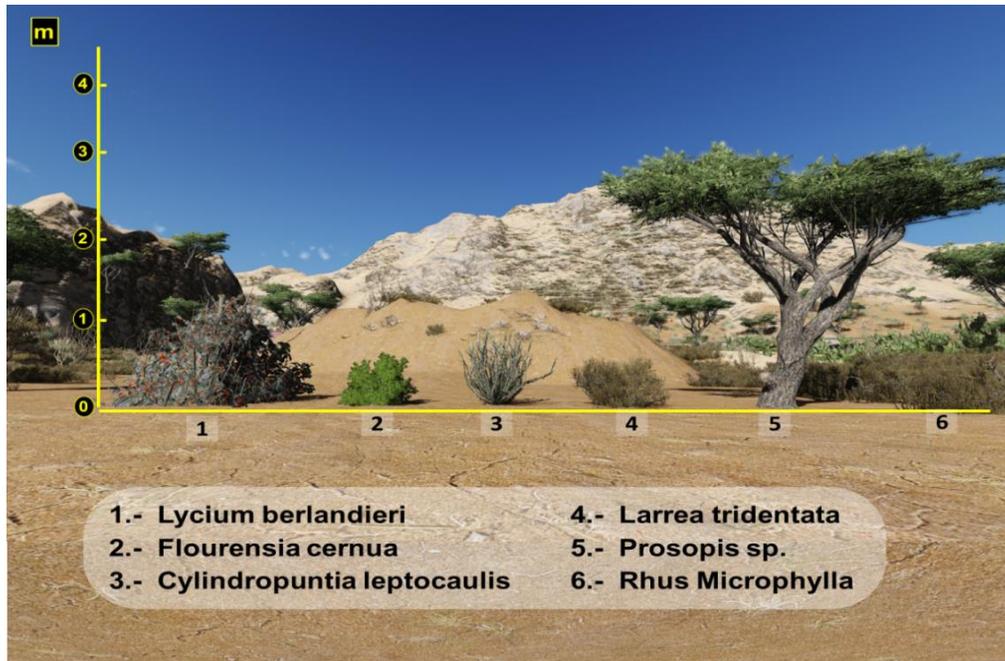


Figura 11.- Perfil semi realista del bosque de mezquite comunidad San Cristóbal.

La descripción de Rzedowski (1994) del MDM del DC, refiere de manera análoga a estos resultados, la eventual aparición de comunidades de *Prosopis sp.*, *Koeberlinia spinosa* o *Fouquieria splendens* que se extienden a través de cientos de kilómetros en el DC.

Granados (2012) refiere a los arbustos salados, presentes en sitios abiertos de mezquite, como una comunidad de amplia distribución, presente en suelos de textura fina y erosionados por la acción del viento y suelo arenoso, reportando como principales especies asociadas a esta vegetación a *Parthenium incanum*, *P. argentatum* S. Kumar, *Viguiera stenoloba* E. E. Schilling, *Zinnia acerosa*, *Dyssodia sp.*, y *Jatropha dioica*.

#### 5.4.2.3. El Tecolote, Municipio de Catorce, San Luis Potosí

El MDR de este sitio se ubica al poniente de la SC en la subprovincia valles y llanuras occidentales, en las coordenadas geográficas 23°42'19.2"N y

101°07'28.8"O. Se desarrolla a una altitud de 1,910 msnm. El clima es considerado muy árido-templado (BWkw), temperatura media anual de 12° a 18 °C, la del mes más frío entre -3° y 18 °C y la del mes más cálido >18 °C, régimen de lluvia de verano del 5 al 10.2% anual. El sitio se encuentra en una sierra baja plegada con lomerío en dirección norte-sur de roca ígnea extrusiva; los suelos son leptosoles (CONANP, 2012). Sitio ubicado 25 km al poniente de la SC, separada de esta por una cuenca endorreica y valles de contornos irregulares.

Los suelos de la zona presentan la siguiente composición química: pH de 7.30, N 57.8 mg kg<sup>-1</sup>, P 58.86 mg kg<sup>-1</sup>, K 2060 mg kg<sup>-1</sup>, Ca 7814 mg kg<sup>-1</sup>, Fe 26.84 mg kg<sup>-1</sup>. El suelo está compuesto por 42.4% de Arena, 35.3% de Limo y 22.4% de Arcilla, la textura es franco.

El tipo de suelo en este sitio es característico de unidades geomorfológicas de sistemas montañosos con laderas convexas de cima redondeada de roca caliza-arenisca; estas superficies son empleadas para usos pecuarios y de producción de maíz. De acuerdo a la taxonomía de suelos utilizada el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, los litosoles de esta área son Entisoles o Aridisoles, suelos con poca evidencia de desarrollo de horizontes pedogénicos y que, en general, sólo presentan un horizonte A ócrico. Se encuentran en pendientes que sufren fuertes procesos erosivos, pueden soportar diferentes tipos de formaciones vegetales y presentan una naturaleza mineral (CONANP, 2012).

El matorral que se desarrolla en este sitio se caracteriza por la abundancia de individuos de especies con hojas gruesas, estrechas y alargadas, en ocasiones espinosas como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) H. S. Gentry o sotol (*Dasyilirion cedrosanum*) E. E. Castillón o bien inermes pero fibrosas (*Yucca carnerosana*) A. M. Minnis, dispuestas en roseta. Entre estos individuos se encuentran básicamente dos tipos de desarrollo: 1) aquellas especies que despliegan tallo alargado y manifiesto como (*Yucca* sp. y *Dasyilirion* sp.) y 2) aquellas que carecen de tallo visible y desarrollan hojas basales, como (*Agave* sp. y *Hechtia* sp.) (Granados, 2012).

Grandes valles de lomeríos y sierras bajas albergan en el municipio de Catorce especies como *Agave lechuguilla*, *Yucca filifera* E. E. Castillón, *Yucca decipiens* M. Ricker, *Parthenium argentatum* y *Dasyilirion cedrosanum* A. Robles-Esparza.

En las pendientes orientales de esta sierra baja (orientación norte-sur) es frecuente el desarrollo de *Opuntia rastrera* A. Muñoz-Urias, y *Opuntia stenopetala* A. García-Velázquez, especies como *A. lechuguilla*, *A. striata* D. J. Bogler, y *Hechtia glomerata* K. Burt-Utley, se desarrollan en colonias de grandes masas que delinean el paisaje a través de grandes superficies con la eventual aparición de colonias de *Fouquieria splendens* E. C. Bate-Smith.

Estas especies vegetales se desarrollan en el sitio con especies del estrato arbustivo y subarbustivo principalmente, las especies arbóreas son escasas, no hay especies herbáceas invernales, ni germinación o floración en invierno y la mayoría de las especies son perennifolias. Algunas de las especies más abundantes en este sitio fueron *Agave lechuguilla*, *Euphorbia antisyphilitica* E. H. Muldavin, *Zinnia acerosa*, *Parthenium argentatum* y *Agave striata* H. S. Gentry.

La riqueza de cactáceas en este sitio es muy alta, la familia Cactaceae cuenta con 30 especies, entre las que destacan *Cylindropuntia leptocaulis*, *Cylindropuntia imbricata*, *Echinocereus stramineus* M. Baker, *Coryphantha poselgeriana* M. A. Baker, *Opuntia engelmannii* J. G. Jones, *O. leucotricha* S. Samah, *O. stenopetala* M. Fuentes-Pérez, *Ferocactus pilosus* H. M. Hernández y *Echinocactus platyacanthus*.

En esta comunidad vegetal se identificaron 61 especies distribuidas en 16 familias, de las cuales las familias Cactaceae, Asparagaceae y Asteraceae fueron las más representativas (cuadro 6).

Cuadro 26.- Listado florístico del MDR de la comunidad El Tecolote, municipio de Catorce, S.L.P.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Rhus Microphylla</i>	Agrillo
Asparagaceae	<i>Agave asperrima</i>	Magüey cenizo / áspero
	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla

	<i>Agave macroculmis</i>	Magüey verde
	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero
	<i>Agave scabra</i>	Magüey de monte
	<i>Agave striata</i>	Espadín
	<i>Dasyilirion acrotriche</i>	Sotol aguja
	<i>Dasyilirion cedrosanum</i>	Sotol
	<i>Yucca carnerosana</i>	Palma samandoca
	<i>Yucca decipiens</i>	Palma china
	<i>Yucca filifera</i>	Palma china
Asteraceae	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Estafiate
	<i>Flourensia cernua</i>	Hoja Sén
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Jarrilla
	<i>Parthenium incanum</i>	Mariola / Copalillo
	<i>Zinnia acerosa</i>	Hierba del burro
Bromeliaceae	<i>Hechtia glomerata</i>	Guapillo
Cactaceae	<i>Ariocarpus bravoanus</i>	Biznaga magüey
	<i>Ariocarpus fissuratus</i>	Biznaga Peyotito / Peyotillo
	<i>Ariocarpus retusus</i>	Peyote Brujo
	<i>Astrophytum capricorne</i>	Chaute
	<i>Coryphantha echinoidea</i>	Biznaguilla de chipote
	<i>Coryphantha glanduligera</i>	Biznaga
	<i>Coryphantha poselgeriana</i>	Biznaga mancacaballos
	<i>Coryphantha radians</i>	Biznaga cornuda
	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Coyonoxtle
	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Tasajillo
	<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	Mancacaballos costilluda
	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga burra
	<i>Echinocereus pectinatus</i>	Alicoche chipote
	<i>Echinocereus stramineus</i>	Alicoche
	<i>Escobaria dasyacantha</i>	Biznaga duraznillo
	<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	Biznaga de costillas
	<i>Ferocactus latispinus</i>	Biznaga de ganchos
	<i>Ferocactus pilosus</i>	Biznaga del cabuche
	<i>Ferocactus stainesii</i>	Biznaga colorada
	<i>Leuchtenbergia principis</i>	Biznaga magüey
<i>Lophophora williamsii</i>	Hikury	
<i>Mammilloidya candida</i>	Biznaga bola	
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal cuijo	
<i>Opuntia leucotricha</i>	Nopal duraznillo	
<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	

	<i>Opuntia stenopetala</i>	Nopal rastrero de tuna roja
	<i>Sclerocactus uncinatus</i>	Biznaga de bola ganchuda
	<i>Turbincarpus lophophoroides</i>	Biznaga Peyotillo
	<i>Turbincarpus schmidickeanus</i>	Peyote ganchudo
	<i>Turbincarpus valdezianus</i>	Biznaga blanca
Ephedra	<i>Ephedra trifurca</i>	Hierba de la golondrina
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	Candelilla
	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago
Fabaceae	<i>Mimosa zygophylla</i>	Uña de gato
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo
Koeberlineaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Abrojo
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i>	Mejorana (azul)
Poaceae	<i>Bouteloua scorpioides</i>	Zacate escorpión
Scrophulariaceae	<i>Buddleja marrubifolia</i>	Azafrán
Solanaceae	<i>Lycium berlandieri</i>	Cilindrillo espino
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Tomatillo
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i>	Orégano
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora

De las 62 especies identificadas, 22 (35%) son endémicas y 24 (39%) se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT 2010, de las cuales seis se encuentran sometidas a protección especial, cuatro con estatus de amenazada y tres en peligro de extinción.



Figura 12.- Especies del MDR de la comunidad El Tecolote, municipio de Catorce, S.L.P.

La región del DC es sobresaliente por tener la mayor diversidad de cactáceas del planeta, siendo esta familia de plantas la más amenazada en la ecorregión. En todo el Desierto Chihuahuense existen un total de 324 especies de cactus, distribuidos en 39 géneros. Los géneros *Mammillaria*, *Opuntia*, *Coryphantha* y *Echinocereuus*, representan el 58% de la diversidad total de la región; 17 (43.6%) de los 39 géneros de cactus registrados están restringidos al DC. Asimismo, un total de 229 especies (70%) son endémicas de la región (Hernandez, 1994). Del total de especies registradas en el DC, 826 (67.8%) son de distribución endémica (Villarreal, 2017).

En lo que respecta a la riqueza de cactáceas y endemismo, el estado de San Luis Potosí es el más importante, debido a que el número total de especies de cactus en el estado es de 141 especies (44% de especies de todo el DC) y el número de especies endémicas del estado es 17 (Hunt, 1999). Por otra parte, Sierra (2011) reconoce a SLP como el estado con mayor diversidad de especies, con 151.

El análisis de valor de importancia relativa (VIR) se presenta en el cuadro 7, donde se aprecian las especies con VIR más alto: *Yucca filifera seguida por A. lechuguilla*, *Y. carnerosana*, *E. platyacanthus*, *F. pilosus* y *O. rastrera*.

Cuadro 27.- Valores de importancia para las especies del MDR, comunidad El Tecolote, municipio de Catorce.

<b>Especie</b>	<b>ABM<sup>Z</sup></b>	<b>AA<sup>Y</sup></b>	<b>FA<sup>X</sup></b>	<b>DA<sup>W</sup></b>	<b>AR<sup>V</sup></b>	<b>FR<sup>U</sup></b>	<b>DR<sup>T</sup></b>	<b>VIR<sup>S</sup></b>
<i>Yucca filifera</i>	48.8	12	10	5.86	9.6	8.33	19.82	12.6
<i>Agave lechuguilla</i>	12.4	14	13	1.73	11.2	10.83	5.85	9.6
<i>Yucca carnerosana</i>	40.3	9	10	3.63	7.2	8.33	12.28	9.3
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	44.1	7	7	3.09	5.6	5	10.45	7.3
<i>Ferocactus pilosus</i>	56.5	6	6	3.39	4.8	5	11.46	7.1
<i>Opuntia rastrera</i>	15.3	10	9	1.53	8	7.5	5.27	6.9

<sup>Z</sup> Área basal media; <sup>Y</sup> abundancia absoluta; <sup>X</sup> frecuencia absoluta; <sup>W</sup> dominancia absoluta; <sup>V</sup> abundancia relativa; <sup>U</sup> frecuencia relativa; <sup>T</sup> dominancia relativa; <sup>S</sup> valor de importancia relativa.

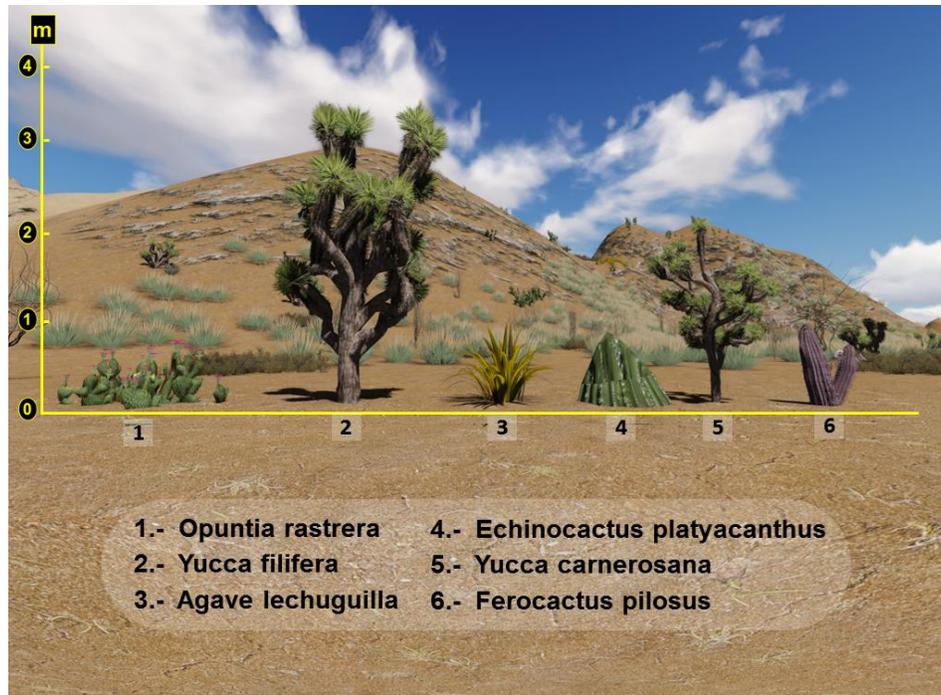


Figura 13.- Figura 7.- Perfil semi realista del MDR de la comunidad El Tecolote.

El estrato dominante en el sitio es el arbustivo y subarbustivo, lo cual podría influenciar la composición química del suelo. Debido a que en comparación con el suelo del MDM y el BE, el suelo de este sitio tiene diferencias en la concentración de nitrógeno inorgánico, fósforo, hierro y calcio. Tal como lo demuestra Schlesinger (1998), la distribución del N, P y K en el suelo está fuertemente asociada con la presencia de arbustos en hábitats desérticos. Los arbustos concentran el ciclo biogeoquímico de estos elementos en "islas de fertilidad" bajo su dosel, mientras que en espacios estériles adyacentes están comparativamente desprovistos de actividad biótica.

#### 5.4.3. Análisis de correspondencia canónica

En relación al ACC, las raíces características para los dos primeros ejes de ordenación (Cuadro 8) sugieren que la composición de especies entre las asociaciones vegetales estudiadas, están relacionadas con factores ambientales de los dos primeros ejes de variación, es decir el análisis es satisfactorio, debido a que con los datos que se corresponden en los dos primeros ejes de variación es posible

explicar la distribución observada y posiblemente las características fisicoquímicas que se midieron son suficientes para explicar esta distribución.

Cuadro 28.- Resultados del análisis de correspondencia canónica en el que se indican los valores de las raíces características, correlación entre especies - factores ambientales y el porcentaje de varianza explicada por los datos de las especies y las relaciones especie-ambiente, para los ejes de ordenación.

Ejes	1	2	3	4
Raíces características	0.403	0.32	-	-
Correlación especies-factores ambientales	1	1	-	-
Varianza acumulada (%) de las especies	55.8	100	-	-
Relaciones especies-ambiente	55.8	100	-	-

De las variables ambientales evaluadas, se observa (Cuadro 9) una correlación positiva alta (>94%) entre arcilla-Ca, arena-pH, Fe-P, altitud-N, altitud-Fe y altitud-P. Las variables que ostentan una correlación negativa alta (<-94%) son N-pH, K-pH, arena-N, arena-P y altitud-arena.

Cuadro 29.- Matriz de correlación entre variables edáficas y ambientales.

Variable	pH	N	P	K	Ca	Fe	Arena	Limo	Arcilla
N	<b>-0.96</b>								
P	-0.83	0.94							
K	<b>-0.99</b>	0.94	0.78						
Ca	-0.40	0.61	0.83	0.32					
Fe	-0.71	0.86	<b>0.98</b>	0.65	0.92				
Arena	<b>0.95</b>	<b>-0.99</b>	<b>-0.96</b>	-0.92	-0.66	-0.89			
Limo	-0.90	0.77	0.52	0.94	-0.01	0.35	-0.73		
Arcilla	-0.44	0.65	0.86	0.36	<b>0.99</b>	0.94	-0.69	0.03	
Altitud	-0.88	<b>0.97</b>	<b>0.99</b>	0.84	0.78	<b>0.95</b>	<b>-0.98</b>	0.61	0.80

La investigación en clima semiseco templado y templado subhúmedo de la Cuenca Oriental de Puebla, Veracruz y Tlaxcala, muestra en la ordenación de la vegetación, una correlación entre las variables P-Altitud, P-pH y pH-altitud muy similar a las observadas en el Cuadro 9 (Granados-Victorino, 2013).

Con respecto a los patrones espaciales que ostentan los sitios de muestreo, las variables ambientales más importantes son aquellas que presentan mayor grado de asociación o correlación entre los ejes de variación y los factores ambientales. En el ACC las variables con mayor grado de correlación (en orden de importancia) para el eje I (Cuadro 10) fueron Ca, arcilla, Fe, P y altitud. Para el segundo eje de variación, las variables con mayor grado de correlación fueron K, pH, limo y N.

Cuadro 30.- Matriz de correlación entre los ejes de ordenación y las 10 variables ambientales.

<b>Variable</b>	<b>Eje 1</b>	<b>Eje2</b>
pH	0.22	<b>0.97</b>
N	-0.45	<b>-0.89</b>
P	<b>-0.72</b>	-0.69
K	-0.13	<b>-0.99</b>
Ca	<b>-0.98</b>	-0.19
Fe	<b>-0.83</b>	-0.55
Arena	0.50	<b>0.86</b>
Limo	0.21	<b>-0.97</b>
Arcilla	<b>-0.97</b>	-0.24
Altitud	<b>-0.64</b>	<b>-0.76</b>

Este resultado en el que la porosidad del suelo desempeña un rol clave en la distribución de la vegetación, es análogo a las conclusiones de Sánchez-González (2007), en el que califica a las variables altitud, porosidad del suelo, pendiente y orientación como las más relevantes en su ordenación en la SC.

La clasificación de las comunidades obtenida en el AC es confirmada al observar el diagrama del ACC (Figura 8), debido a que las asociaciones representadas en los diagramas (Figuras 2, 3 y 6) concuerdan en su ordenación.

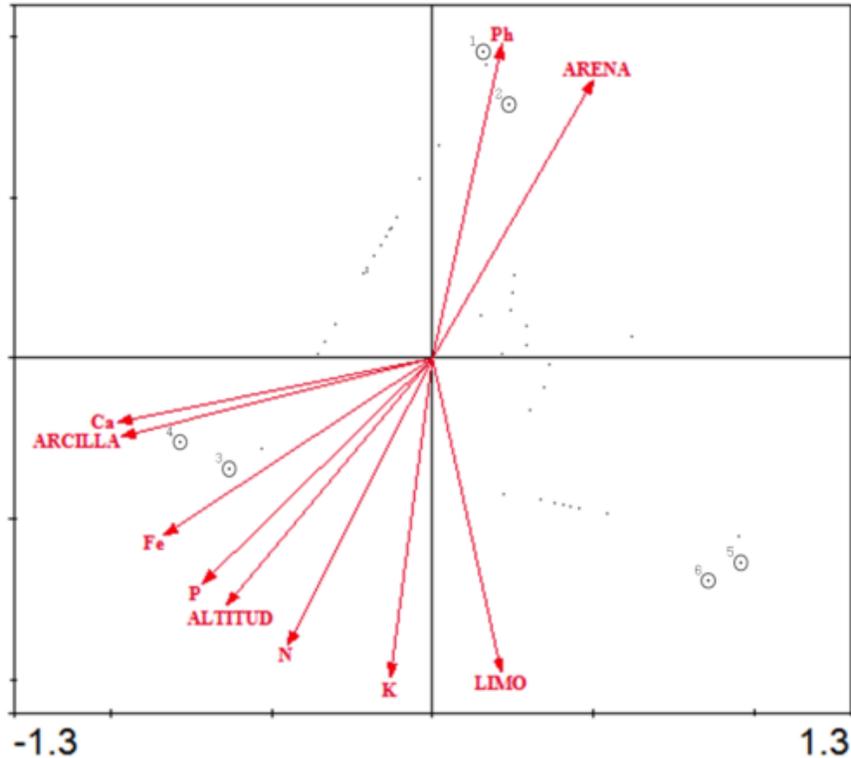


Figura 14.- Análisis de correspondencia canónica de los seis sitios de muestreo en las sierras y llanuras occidentales del municipio de Catorce, S.L.P. Se incluyeron un total de 78 plantas vasculares y 10 variables ambientales. Los sitios 1 y 2 corresponden al MDM, los sitios 3 y 4 al MDR y los sitios 5 y 6 al BE.

El Cuadro 11 presenta las especies endémicas y/o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT 2010.

Cuadro 31.- Listado florístico de especies endémicas (X) e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT 2010, bajo estatus de amenazada (A), sometidas a protección especial (Pr) y en peligro de extinción (P).

Familia	Especie	E	NOM-059
	<i>Agave striata</i>	X	
	<i>Dasyllirion acrotriche</i>	X	A
	<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	X	
Asparagaceae	<i>Yucca carnerosana</i>	X	
	<i>Yucca decipiens</i>	X	
	<i>Yucca filifera</i>	X	
Asteraceae	<i>Zaluzania triloba</i>	X	
	<i>Ariocarpus bravoanus</i>	X	P
Cactaceae	<i>Ariocarpus fissuratus</i>	X	P
	<i>Ariocarpus retusus</i>	X	Pr

<i>Astrophytum capricorne</i>	X	A
<i>Coryphantha glanduligera</i>	X	A
<i>Coryphantha poselgeriana</i>	X	A
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	X	Pr
<i>Ephedra compacta</i>	X	
<i>Ferocactus latispinus</i>	X	
<i>Ferocactus pilosus</i>	X	Pr
<i>Ferocactus stainesii</i>		Pr
<i>Lophophora williamsii</i>		Pr
<i>Opuntia leucotricha</i>	X	
<i>Opuntia rastrera</i>	X	
<i>Opuntia stenopetala</i>	X	
<i>Turbinicarpus lophophoroides</i>	X	Pr
<i>Turbinicarpus schmedickeanus</i>	X	P

### 5.5. Conclusiones

El empleo de técnicas de análisis multivariado (AC Y ACC) fue un método complementario para la identificación de tres comunidades vegetales, a partir de 78 especies distribuidas en el gradiente ambiental estudiado. El estrato dominante es el arbustivo y subarbustivo (56%). Los usos principales de las especies identificadas (con base en entrevistas semiestructuradas realizadas) son medicina (25%), forraje (21%) y alimento (12%).

De las variables contempladas en esta investigación el pH, K, Ca, Fe y altitud fueron los factores físicos que explican en mayor grado la distribución observada en las Sierras y Llanuras Occidentales del municipio de Catorce; estos factores (indirectos) se relacionan con factores (directos) como la humedad y temperatura, los cuales determinan la disponibilidad de agua para las plantas.

El estudio de los patrones de vegetación y ambientales del BE, MDM y MDR permitió identificar los factores indirectos que podrían explicar el cambio y distribución de la vegetación.

Estos sitios ostentan un alto grado de especies endémicas, así como especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT 2010; ofreciendo información para la comprensión de este sistema ecológico que brinda el servicio ambiental de conservación *in situ* de acervos genéticos endémicos domesticados o silvestres y

que resguarda una gran una herencia biocultural bajo estatus de “*Sitio Sagrado Natural*”.

## **5.6. Literatura Citada**

- Aguilera, N. (1989). Tratado de edafología de México. México, D.F.: UNAM.
- Bashan, Y., Davis, E. A., Carrillo-Garcia, A., & Linderman, R. G. (2000). Assessment of VA mycorrhizal inoculum potential in relation to the establishment of cactus seedlings under mesquite nurse-trees in the Sonoran Desert. *Applied Soil Ecology*, 14(2), 165-175.
- Braak, T. (1998). CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4). USA: Centere for Biometry.
- Brush, G. S., Lenk, C., & Smith, J. (1980). The natural forests of Maryland: an explanation of the vegetation map of Maryland. *Ecological Monographs*, 50(1), 77-92.
- CONANP. (2012). Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera "Wirikuta", en el estado de San Luis Potosí. San Luis Potosí: SEMARNAT.
- Cornelius, J. (1991). The distribution of vascular plant species and guilds in space and time along a desert gradient. *Journal of Vegetation Science.*, 2(1), 59-72.
- Crawford, C. (1982). Desert ecosystems: their resources in space and time. *Enviromental conservation*, 9(3), 181-195.
- Cruz, A. (1991). Sistema para el Análisis de Comunidades (ANACOM) Versión 3. Mérida, Yucatán: Instituto Politécnico Nacional.
- Gonzales, A. (2003). Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. UNAM: Anales del instituto de Biología, Serie Botánica 74(1): 47-71.
- González-Costilla, O. (2007). Flora vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta botánica mexicana.*, (78), 1-38.
- Granados. (2012). Ecología de los desiertos del mundo. Universidad Autónoma Chapingo: Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicio.
- Granados-Victorino, R. L. (2013). CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES DE PINO PIÑONERO DE LA CUENCA ORIENTAL (TLAXCALA-PUEBLA-VERACRUZ). Ciudad de México.: Facultad de Ciencias UNAM.

- Hernández, H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazada. *Acta Botánica Mexicana.*, (26), 33-52.
- Hernández, H. (2004). Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard papers in Botany.*, 9, 51-68.
- Herrera-Arreola, G., Herrera, Y., Reyes-Reyes, B. G., & Dendooven, L. (2007). Mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), huisache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) and catclaw (*Mimosa biuncifera* Benth.) and their effect on dynamics of carbon and nitrogen in soils of the semi-arid highlands of Durango Mexico. *Journal of Arid Environments*, 69(4), 583-598.
- Huerta-Matínez, F. (2004). Vegetation ordination at the southern Chihuahuan Desert (San Luis Potosi, Mexico). *Plant Ecology*, 174(1), 79-87.
- Hunt, D. (1999). *Cactaceae Checklist*. Royal Botanic Gardens., International Organization of Succulent Plant Study, England.
- Marroquín, J. (1964). Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
- Montaña, C. (1990). A floristic-structural gradient related to land forms in the southern Chihuahuan Desert. *Journal of Vegetation Science.*, 1(5), 669-674.
- Morafka. (2012). A biogeographical analysis of the Chihuahuan Desert through its herpetofauna. *Springer Science & Business Media.*, 9, 51-68.
- Pavón. (2000). Distribution of plant life forms along an altitudinal gradient in the semi-arid valley of Zapotitlán, Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 11(1), 39-42.
- Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon, London: Clarendon Press.
- Rocha, R. (2006). *Comunidades: Métodos de Estudio*. Facultad de Estudios Superiores de Iztacala.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reyes-Reyes, B. G., Zamora-Villafranco, E., Reyes-Reyes, M. L., Frias-Hernandez, J. T., Olalde-Portugal, V., & Dendooven, L. (2003). Decomposition of leaves of huisache (*Acacia tortuoso*) and mesquite (*Prosopis* spp) in soil of the central highlands of Mexico. *Plant and soil*, 256(2), 359-370.
- Rzedowski, J. (1994). *Vegetación de México*. Limusa, Noriega Editores.
- Sánchez-González, A. (2007). Ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de gradientes ambientales. *Terra Latinoamericana.*, 21(3), 311-319.
- Schlesinger, W. (1998). Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochemistry.*, 42(1-2), 169-187.

- SEDUVOP. (2006). Plan de Desarrollo Urbano de Catorce, S.L.P. San Luis Potosí: Secretaría de Desarrollo Urbano Viviendas y Obras Públicas (SEDUVOP).
- Shreve, F. (1934). Rainfall, runoff and soil moisture under desert conditions. *Annals of the Association of American Geographers.*, 24(3), 131-156.
- Sierra, C. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria - UNAM*, 12.
- Villarreal, J. (2017). El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botánica Mexicana*, (118) 65-96.