

**Manejo de la biodiversidad de cactáceas por comunidad originaria de
Oaxaca, México.**

**Cactus biodiversity management by original community of Oaxaca,
Mexico.**

Delia Quero-Martínez¹

Ruffo Caín López-Hernández²

Andrés Enrique Miguel-Velasco³

¹ Maestra en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, del Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca de Juárez; México.

E mail: deliaquero89@gmail.com

² Doctor en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, del Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca de Juárez; México.

E mail: ruffoc.lopez@itoaxaca.edu.mx;

³ Doctor en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional, del Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca de Juárez; México.

E mail: andres.miguel@itoaxaca.edu.mx

Quero-Martínez, D.; López-Hernández, R.C.; Miguel-Velasco, A.E. (2024). Manejo de la biodiversidad de cactáceas por comunidad originaria de Oaxaca, México. *Revista Estudios Ambientales*, 12 (1), 44- 60.

Recibido: 09/02/2024 - **Aceptado:** 31/05/2024 – **Publicado:** 31/07/2024

RESUMEN

Las cactáceas han experimentado una disminución preocupante debido al uso irracional y la falta de planes de manejo. Se examina el impacto de los factores sociodemográficos en la biodiversidad de las cactáceas en la comunidad originaria de Mitla, Oaxaca, México. Se propone la hipótesis que, debido a las presiones antropogénicas, la biodiversidad de las cactáceas en Mitla, manifiesta más amenazas que fortalezas con el uso que le dan los habitantes de la comunidad de estudio. Se empleó la realización de trabajo de campo mediante la aplicación de 97 encuestas tomando en cuenta el número de viviendas. Se utilizó el Índice de Shannon-Weiner (H) para conocer la biodiversidad de cactáceas. Así mismo se utilizó el Índice de Importancia Cultural (IIC) para conocer el valor de uso de las especies. Como prueba estadística se utilizó las ecuaciones estructurales mediante la técnica del mínimo de cuadrados parciales (PLS). Se obtuvieron

11 especies de cactáceas, utilizadas principalmente como: alimento, ornamental y cerca viva. Debido a las presiones antropogénicas, las cactáceas manifiesta más amenazas que fortalezas. Es necesario la implementación de medidas de conservación y manejo adecuado, involucrando activamente a la comunidad local.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento tradicional; Cactaceae; Especies amenazadas; Factores sociodemográficos; Fortalezas.

ABSTRACT

Cactaceae have experienced a worrying decline due to irrational use and lack of management plans. The objective of this study was to examine the impact of sociodemographic factors on the biodiversity of cacti in the original community of Mitla, Oaxaca, Mexico. The hypothesis we propose is that, due to anthropogenic pressures, the biodiversity of cacti in Mitla shows more threats than strengths from the use that the community under study makes of this species. Ninety-seven surveys were conducted taking into account the number of homes. The Shannon-Weiner Index (H) was used to determine the biodiversity of cacti and the Cultural Importance Index (IIC) to determine the use value of the species. Structural equations were used as a statistical test using the partial least squares (PLS) technique. Eleven species of cacti were obtained, which are used mainly as food, ornament, and living fence. Due to anthropogenic pressures, we confirmed the hypothesis that cacti show more threats than strengths. Therefore, appropriate conservation and management measures should be implemented that actively involve the local community.

KEYWORDS: Traditional knowledge; Cactaceae; Endangered Species; Sociodemographic factors; Strengths.

INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae, son la flora característica principalmente de ambientes áridos y semiáridos (Bravo-Hollis, 1978). Aunque también se encuentran en selvas tropicales, matorral de dunas, bosque de coníferas y encinos, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio, caducifolio, subcaducifolio y espinoso (Bustamante y Búrquez, 2005; Rzedowski, 2006;

Jiménez, 2011). Se encuentran a una altitud que va entre los 1300 a 2200 metros sobre el nivel del mar (Aquino y Arias, 2010).

Esta familia, endémica del continente americano (Nyffeler, 2002), comprende 1,883 especies en 139 géneros (Hunt, 2016). Su distribución se centra principalmente en dos áreas de diversidad: del centro al norte de México hasta el suroeste de Estados Unidos, y en Sudamérica, abarcando Bolivia,



Argentina, Perú, y el este de Brasil (Arias, 1993; Barthlott *et al.*, 2010; Arias *et al.*, 2012).

México es el principal centro de concentración de cactáceas, con 51 géneros y 603 especies (Hunt, 2016). El 60 % de estos géneros se concentran en una franja que abarca desde el desierto de Chihuahua, pasando por Querétaro e Hidalgo, el desierto de Sonora y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán entre Puebla y Oaxaca (Hernández y Godínez, 1994; Hernández *et al.*, 2004; Flores-Martínez y Manzanero, 2010). Oaxaca, en particular, posee 81 especies de cactáceas, 25 de las cuáles son endémicas de la región (SEMARNAT, 2016).

De acuerdo con García-Mendoza *et al.* (2004), Oaxaca alberga 112 especies de cactáceas distribuidas en 28 géneros, de las cuales 35 están bajo amenaza. Dentro del estado, existen tres centros con alta concentración: el primero es el Istmo de Tehuantepec y Juchitán (44 y 29 especies respectivamente); el segundo es la región de Tehuacán-Cuicatlán y la Mixteca Alta, donde Cuicatlán tiene la mayor cantidad de especies (40), seguido por Teotitlán (35), Huajuapán (29), Teposcolula (29) y Coixtlahuaca (26). El tercer centro se encuentra en el distrito de Tlacolula, y el centro de Oaxaca (27 y 25 especies respectivamente).

Del total de cactáceas presentes en México, el 73 % a nivel genérico y el 78 % a nivel específico son endémicas del país (Hernández y Godínez, 1994; Mandujano y Goludov, 2002; Hernández *et al.*, 2004). De acuerdo a García-Mendoza *et al.* (2004) en Oaxaca, 72 especies son endémicas de México y 19 están restringidas al estado, cuatro de las cuales se encuentran en el distrito de Tlacolula, donde se ubica San Pablo Villa de Mitla, área de estudio de este artículo (García-Mendoza *et al.*, 2004).

Actualmente, las cactáceas siguen siendo fundamentales para la sociedad. Por ejemplo, en El Alberto, Ixmiquilpan (Hidalgo), Munguía-Vázquez *et al.* (2018) identificaron el uso de 14 especies en

nueve categorías: alimenticio, ornamental, forraje, medicinal, combustible, cosmético, fabricación de herramientas, elaboración de artesanías y material para construcción. Los usos más frecuentes reportados fueron alimenticio, ornamental y forraje.

Hernández y Vásquez-Dávila (2007) se enfocaron en la etnobotánica de cactáceas endémicas de Oaxaca, documentando nombres comunes, usos y manejo de las especies. Identificaron ocho géneros de uso ornamental, con cuatro especies catalogadas como raras (*C. nizandensis*, *M. deheriana*, *M. kraehbuehlii* y *S. chacalensis*) y dos como amenazadas (*M. tonalensis* y *O. macdougallii*). Debido a su limitada distribución geográfica, estas especies son más vulnerables a las actividades antropogénicas, y su pérdida conlleva un alto costo biológico (Jiménez, 2011; Meza, 2011).

Martínez-Bolaños (2014) identificó las especies de cactáceas más comercializadas en los mercados de la región de Valles Centrales de Oaxaca, destacando siete especies: *F. macrodiscus*, *D. ackermannii*, *M. albilanata*, *M. haageana*, *M. rekoj*, *M. voburnensis* y *S. truncata*. De estas, dos son endémicas: *M. albilanata*, que está sujeta a protección especial, y *M. haageana*, que está catalogada como amenazada.

Hernández-Oria *et al.* (2007) y García-Mendoza y Franco-Martínez (2018) coinciden en que la siembra de agave es una de las principales causas de riesgo para las cactáceas, ya que la sobreexplotación de este recurso implica la disminución de sus hábitats naturales y, en consecuencia, pone en riesgo su diversidad. Además, factores sociodemográficos como el crecimiento poblacional y la migración interna aumentan la presión sobre los recursos naturales (Bran, 2019), contribuyendo a la sobreexplotación y al tráfico ilegal, que ha afectado al 47 % de las especies amenazadas, según la UICN (2015)

En Mitla, las investigaciones en las cuáles se ha incluido a las cactáceas son las relacionadas con listados florísticos como: Bravo-Hollis (1978) y Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991 a, b) en este caso Mitla ha sido parte de colectas científicas. Por otra parte, Joyce y Kent (2001) realizaron una investigación sobre la clasificación de animales y plantas entre los zapotecos del siglo XV, lograron identificar tres géneros de cactáceas: *Lemaireocereus*, *Myrtillocactus* y *Cephalocereus*. Estudios recientes hacen referencia al trabajo de Jarquín (2021) sobre la flora y fauna de Mitla, en el cual considera la existencia de especies de la familia Cactaceae.

El presente artículo analiza la influencia de los factores sociodemográficos en la biodiversidad de las cactáceas, destacando su papel cultural y simbólico en la cultura zapoteca. La hipótesis

sugiere que, debido a presiones antropogénicas, la biodiversidad de cactáceas en Mitla enfrenta más amenazas que fortalezas en su uso comunitario.

METODOLOGÍA

San Pablo Villa de Mitla se ubica en las coordenadas 16°55' de latitud norte y 96°22' de longitud oeste, a una altitud de 1,680 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con los Municipios de Santo Domingo Albarradas y Villa Díaz Ordaz; al sur con Tlacolula de Matamoros; al oeste con Villa Díaz Ordaz; al este con San Lorenzo Albarradas y Santo Domingo Tepuxtepec (Figura 1). Posee una extensión aproximada de 246.17 km², lo que representa el 0.26 % del total estatal.

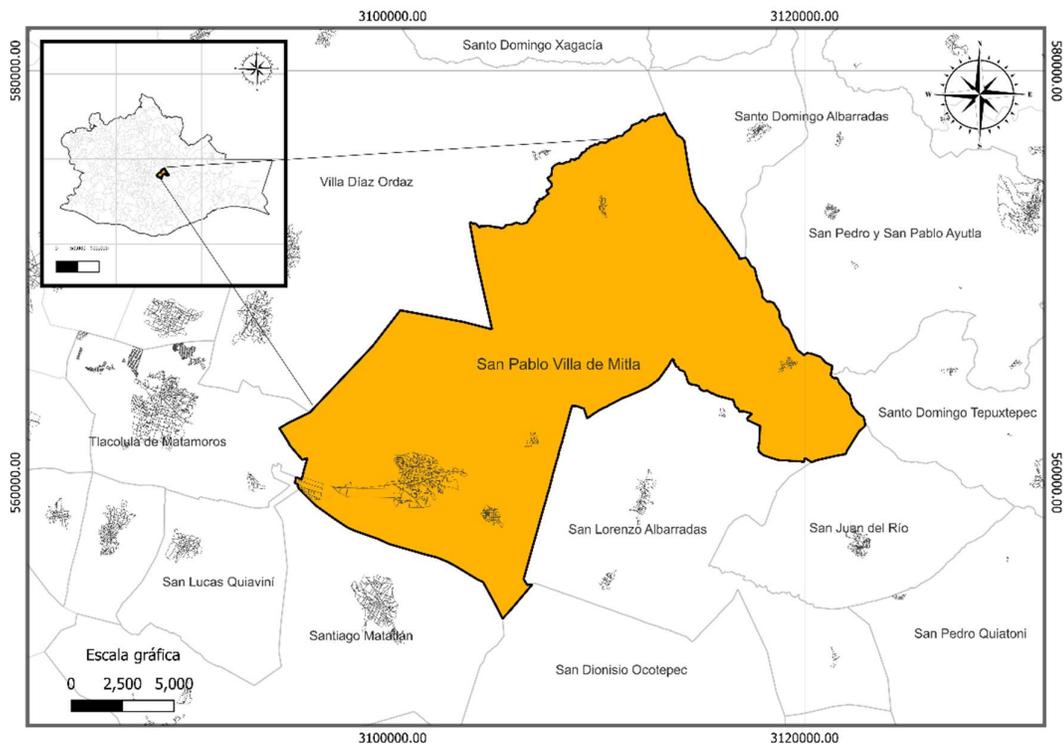


Figura 1. Ubicación de San Pablo Villa de Mitla

Fuente: elaboración propia con apoyo del software ArcMAP-ArcGIS Desktop 10.3.

Mitla es considerado un pueblo zapoteco originario debido a su rica herencia cultural, que se remonta al año 200 de la era cristiana. Conocido como Lyobáa (lugar de descanso) por los zapotecos y Mictlán (lugar de los muertos), Mitla floreció especialmente desde el siglo IX, tras la caída de Monte Albán, hasta la llegada de los españoles. Su zona arqueológica incluye cinco conjuntos: Grupo del Norte, Grupo de las Columnas, Grupo del Arroyo, Grupo del Adobe o del Calvario, y Grupo del Sur, con decoraciones geométricas finamente labradas en piedra (INAH, 2010). Este legado llevó a que fuera designado "Pueblo Mágico" en 2011. Actualmente, Mitla tiene 13,587 habitantes, de los cuales 31.9% hablan una lengua indígena, principalmente zapoteco. La comunidad

ha conservado su patrimonio cultural tangible e intangible, incluyendo tradiciones, idiomas y prácticas culturales zapotecas, a pesar de influencias externas y cambios históricos, reforzando así su identidad como pueblo originario (Data México, 2020-b).

Para evaluar la relación de las cactáceas y los factores sociodemográficos se consideró la aplicación de encuestas como técnica de investigación social, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz (Casas-Anguita *et al.*, 2002). Para ello, se consideraron el número de viviendas (2518), obteniendo un total de 97 encuestas con un 95 % de confianza, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$n = N Z^2 pq / d^2 (N-1) + Z^2 pq \quad (E. 1)$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra necesaria

N: Tamaño de la población total

Z: Valor crítico de la distribución normal estándar correspondiente al nivel de confianza deseado

p: Proporción estimada de la característica que se está estudiando en la población

q: Complemento de la proporción estimada, es decir, 1 - p

d: Margen de error máximo permitido en la estimación de la proporción.

Se consideraron los siguientes datos: la edad (población de 15-65 años y más), la escolaridad (educación básica, media y superior, según el Sistema Educativo Nacional), y el sexo (para evaluar los roles de género). En cuanto a la actividad económica del municipio de acuerdo al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) (INEGI, 2021), corresponde al comercio y servicios especialmente la industria textil. Por último, se consideraron las 15 colonias demográficas de la zona urbana de Mitla (Figura 2) para evaluar el contexto geográfico en relación a la urbanización. Se analizaron ocho tipos de

uso de las cactáceas (alimenticio, ornamental, forraje, medicinal, combustible, cosmético, elaboración de artesanía y material para construcción/cerca viva), de los nueve considerados por Munguía-Vázquez *et al.* (2018).

Se realizaron muestreos aleatorios simples mediante la toma de fotografías y la ubicación geográfica con la aplicación de GPS "Mis coordenadas" en dos áreas con presencia de cactáceas dentro de la cabecera municipal: la "Fortaleza" y el "Cerro Tosbín". Las fotografías se clasificaron según la especie, considerada la unidad taxonómica fundamental para

describir la diversidad (Valencia, 1991; Iriondo, 2000). Para este estudio, se consideró un máximo de tres sinónimos por especie, basado en la base de datos de Trópicos (2023), ya que el objetivo no se enfoca en la nomenclatura de las cactáceas.

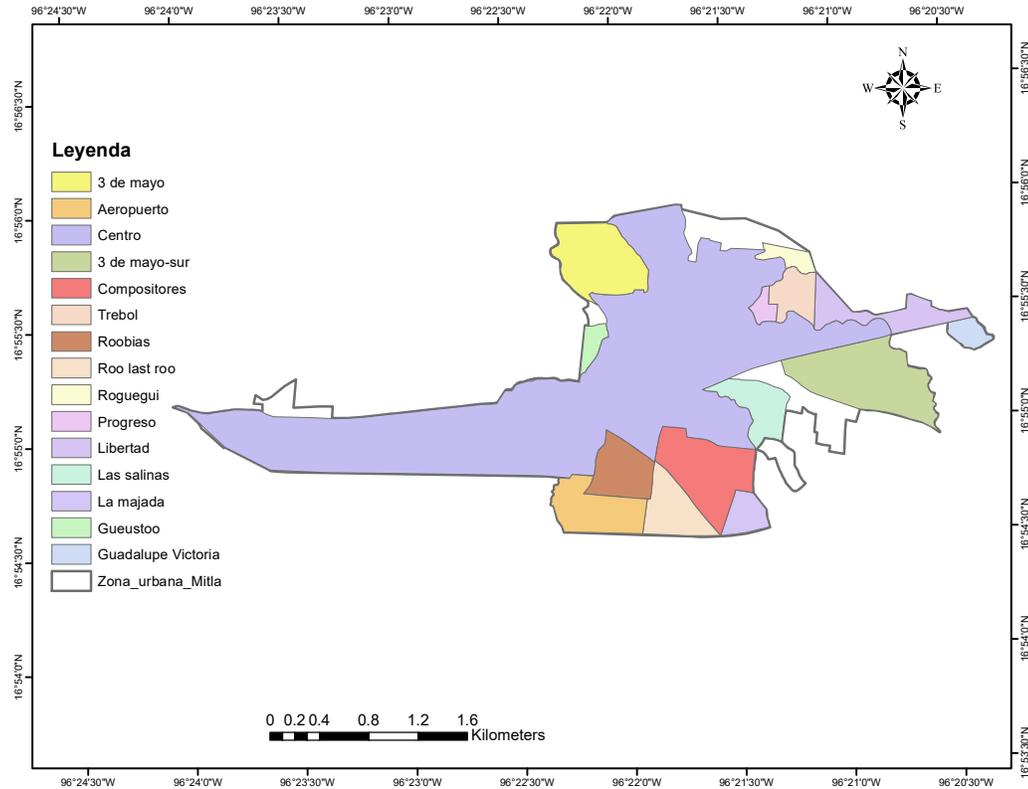


Figura 2. Ubicación de las colonias geográficas de la zona urbana de San Pablo Villa de Mitla
 Fuente: elaboración propia con apoyo del software ArcMAP-ArcGIS Desktop 10.3.

Se utilizó el Índice de Shannon-Weiner (H) para conocer la diversidad cactológica en el área de estudio. Este índice considera tanto la riqueza de especies presentes como la equidad en la distribución de la abundancia de cada especie (JAOL, 2023), y se describe en la ecuación 2.

$$H = - \sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i \quad (\text{E. 2})$$

Donde:

H: Índice de Shannon.

Σ: Suma.

ln: Logaritmo natural.

pi: La proporción de toda la comunidad compuesta por especies.

i: Entre mayor sea el Índice de diversidad de Shannon-Wiener mayor diversidad existe y viceversa, si es menor hay menos diversidad, por lo general el valor va de 1 a 5, en caso que el resultado sea 0, indica que solo hay una especie.

Así mismo se utilizó el Índice de Importancia Cultural (IIC) para cuantificar el valor de uso de las especies, que calcula el valor que una especie

desempeña dentro de una cultura (Ávila-Nájera *et al.*, 2018 y Herrera-Flores, 2019).

$$IIC_z = \sum (Iuz + Fmz + Vutz) \quad (E. 3)$$

Donde:

IIC_z: Índice de Importancia Cultural de una especie determinada.

Iuz: Intensidad de uso.

Fmz: Frecuencia de mención.

Vutz: Valor de uso total para la especie z.

Para identificar las especies de cactáceas en riesgo, se revisó su estatus en los principales listados de protección: la NOM-059 (2010), Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2021) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2022).

Se utilizó como prueba estadística el modelo de ecuaciones estructurales mediante la técnica de mínimos cuadrados parciales PLS (Partial Least Squares, por sus siglas en inglés) usando el software SmartPLS, basado en componentes que ha sido adoptado en la investigación social debido a su capacidad y flexibilidad de análisis de datos (Jung & Park, 2018). La hipótesis se acepta si existe una correlación positiva significativa entre los constructos y sus indicadores, es decir, si el modelo tiene un coeficiente de correlación mayor a cero y una significancia menor a 0.05.

RESULTADOS

Los resultados del trabajo de campo mostraron un total de 11 especies, nueve de las cuáles son consideradas endémicas de México y tres de ellas se ubicaron en la NOM-059 sujetas a protección especial. En cuanto a los listados de CITES toda la familia se ubica en el apéndice II y finalmente la UICN solo

considera a *E. platyacanthus* como en peligro como lo muestra el Tabla 1

El índice de Shannon en este caso fue de 2.20, con una equidad de 0.91, lo que indica que la diversidad es baja y que hay una distribución desigual en la abundancia de especies.

En cuanto a la importancia cultural el índice (IIC) arrojó que los habitantes de Mitla suelen darle a las cactáceas diversos usos, destacando tres que son: alimenticio, ornamental y cerca viva, como se muestra en la Tabla 2

Las especies culturalmente relevantes para el consumo incluyen *F. recurvus*, *M. geometrizers*, *O. velutina*, *S. dumortieri*, *S. stellatus*, *E. platyacanthus* y *O. karwinskiana*. Se consumen principalmente sus frutos, en caso de *O. karwinskiana* y *F. recurvus* se consumen además sus tallos.

En cuanto a las especies ornamentales, el índice mostró que la población utiliza principalmente *F. recurvus*, *O. velutina* y *S. dumortieri*; en menor medida ocupa a *C. retusa*, *M. karwinskiana* y *E. platyacanthus*. Para cercas vivas, las especies más destacadas fueron *F. recurvus*, *M. geometrizers*, *O. velutina*, *S. stellatus*, *S. dumortieri*, *O. karwinskiana* y *P. marginatus*. La población femenina en su mayoría señaló que han utilizado las cactáceas y han transmitido ocasionalmente (43,44%) (Figura 3) el conocimiento a sus hijos desde la niñez.

Tabla 1. Especies de cactáceas registradas en las zonas de estudio

No	ESPECIES	NOMBRE ZAPO-TECO	SINONIMIA	NOM-059 2010	CITES 2021	UICN 2022
1	* <i>Coryphantha retusa</i> (Pfeiff.) Britton & Rose	<i>Bidi nool</i>	<i>Cactus retusus</i> , <i>Melocactus mammillariformis</i>	Pr	II	DD
2	* <i>Echinocactus platyacanthus</i> (Link & Otto)	<i>Bisnagdush</i>	<i>Echinocactus grandis</i> <i>Echinocactus ingens</i>	Pr	II	EN
3	* <i>Mammillaria karwinskiana</i> (Mart.)	<i>Bidi</i>	<i>Mammillaria beiseilii</i> , <i>Mammillaria collinsii</i> , <i>Mammillaria confusa</i>	Pr	II	LC
4	<i>Pachycereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	<i>Ya bi tzcuan</i>	<i>Marginatocereus marginatus</i> , <i>Stenocereus marginatus</i>		II	DD
5	* <i>Opuntia karwinskiana</i> Salm-Dyck	<i>Biah bes</i>	<i>Nopalea karwinskiana</i>		II	
6	<i>Opuntia pubescens</i> J.C. Wendl. Ex Pfeiff., Enum.	<i>Gech gool</i>	<i>Cactus pubescens</i> , <i>Cereus nanus</i> , <i>Opuntia pumila</i>		II	LC
7	* <i>Opuntia velutina</i> (F.A.C. Weber)	<i>Biah</i>	<i>Opuntia affinis</i> , <i>Opuntia nelsonii</i> , <i>Opuntia velutina</i>		II	DD
8	* <i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob	<i>Bitzu</i>	<i>Cereus stellatus</i> , <i>Lemaireocereus stellatus</i> , <i>Rathbunia stellata</i>		II	LC
9	* <i>Stenocereus dumortieri</i> (Scheidw.) Buxb	<i>Bitzu</i>	<i>Isolatocereus dumortieri</i> , <i>Lemaireocereus dumortieri</i> , <i>Rathbunia dumortieri</i>		II	LC

Continuación **Tabla 1.**

No	ESPECIES	NOMBRE ZAPO-TECO	SINONIMIA	NOM-059 2010	CITES 2021	UICN 2022
10	* <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. Ex Pfeiff.)	<i>Bitu shob</i>	<i>Cereus geometrizans</i> , <i>Myrtillocactus grandiareolatus</i>		II	LC
11	* <i>Ferocactus recurvus</i> (Mill. Borg.)	<i>Bisnagr</i>	<i>Bisnaga latispina</i> , <i>Cactus recurvus</i> , <i>Ferocactus latispinus</i>		II	LC

Fuente: Elaboración propia con datos de encuesta. Nombre científico con base en Tropicos (2023), Nom_059 (SEMARNAT, 2010), CITES (2021) y UICN (2022).

Nota: Endémica=*, DD= datos insuficientes, LC=P recuperación menor, Pr= sujetas a protección especial, EN= En peligro, NA= no aplicable. Sinonimia= Tomada de Tropicos (2023). Nombre común en zapoteco de San Pablo Villa de Mitla.

Tabla 2. Importancia cultural del uso de las especies de Cactáceas.

	C. ret	F. rec	M. kar	M. geo	O. pub	O. vel	S. ste	S. dum	E. pla	O. kar	P. mar	Total
Alimenticio	49	90	97	111	8	32	114	110	91	117	17	836
Adorno	107	102	99	67	87	41	60	64	89	39	47	802
Medicinal	4	18	4	4	2	6	4	3	12	10	3	70
Cerca Viva	3	3	3	67	22	75	69	80	6	50	102	480
Forraje	4	13	5	8	11	13	7	12	11	26	9	119
Artisanal	7	16	6	4	0	44	4	3	5	4	4	97
Cosmético	4	2	2	6	2	1	2	1	2	4	2	28
Combustible	2	1	2	20	1	10	8	51	1	1	1	98
Total	180	245	218	287	133	222	268	324	217	251	185	2530
Alimenticio	37,97	82,94	45,21	74,62	43,71	75,10	61,72	88,46	69,46	73,91	46,84	
Ornamental	45,45	84,90	45,96	69,69	53,60	76,38	55,57	83,28	69,67	64,78	50,67	
Cerca viva	32,73	72,80	34,24	75,30	47,34	86,89	62,46	91,97	59,82	70,33	66,06	

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados de la encuesta en la comunidad de estudio.

Nota: *C. retusa*=*C. ret*, *F. recurvus*=*F.rec*, *M. karwinskiana*=*M. kar*, *M. geometrizzans*=*M. geo*, *O. pubescens*=*O. pub*, *O. velutina*=*O. vel*, *S. stellatus*=*S. ste*, *S. dumortieri*=*S.dum*, *E. pla* =*E. platyacanthus*, *O. karwinskiana*=*O. kar*, *P. marninatus*=*P. mar*

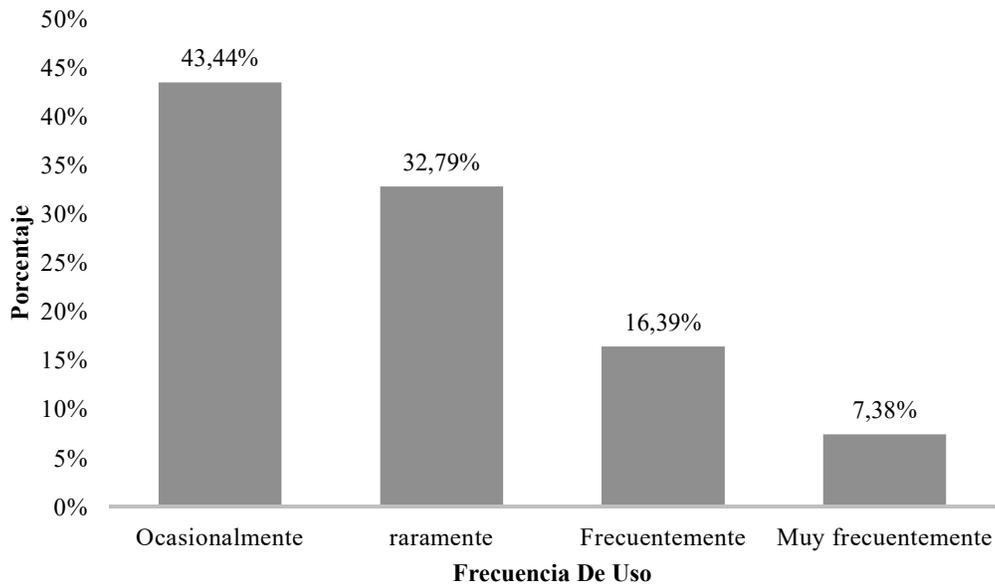


Figura 3. Frecuencia de uso de cactáceas de la población de Mitla

Las razones que los han llevado a utilizar estas plantas se muestran en la Figura 4. Destacando: costumbre familiar (35,25%), porque su aspecto les gusta (30,33%) y para fines de alimentación (27,87%).

El 31,96 % de la población encuestada (especialmente mujeres) han comprado alguna vez cactus. En promedio tienen entre 1-5 ejemplares (56,56%) por familia (Figura 5).

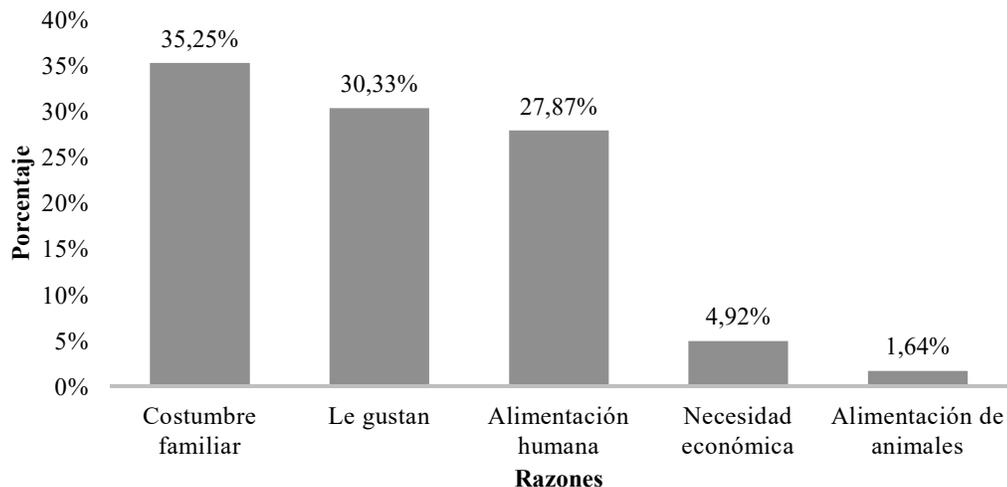


Figura 4. Motivo del uso de las cactáceas por los pobladores de Mitla

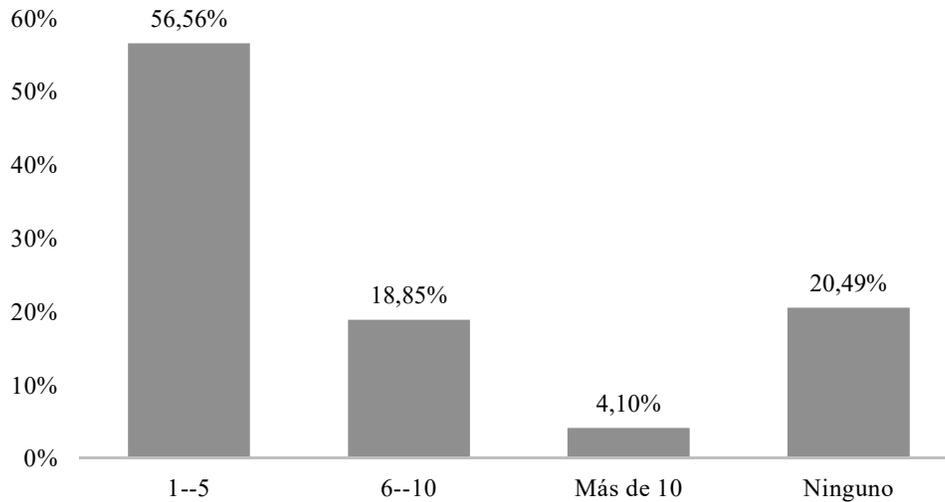


Figura 5. Número de ejemplares de cactáceas que tienen las familias mitleñas

Pese al gusto que manifiestan tener por estas plantas, el 28,69 % de la población se encuentra indecisa en cuanto a la posibilidad de cultivarlos, a diferencia de un 68,03 % que mostró gran interés en aprender a propagarlas. Así mismo al 89,34 % le gustaría que en Mitla existiese un jardín de cactáceas. De acuerdo a los datos recabados las cactáceas han presentado una disminución en campo, en

general el 90,16 % de los encuestados está de acuerdo que se debe a las actividades que como comunidad han realizado. Dentro de estas destaca la colecta de ejemplares que han efectuado con una frecuencia rara (34,43 %) y ocasional (33,61 %). Las especies más colectadas han sido *M. karwinskiana* (33,61%) y *F. recurvus* (27,05%) (Figura 6).

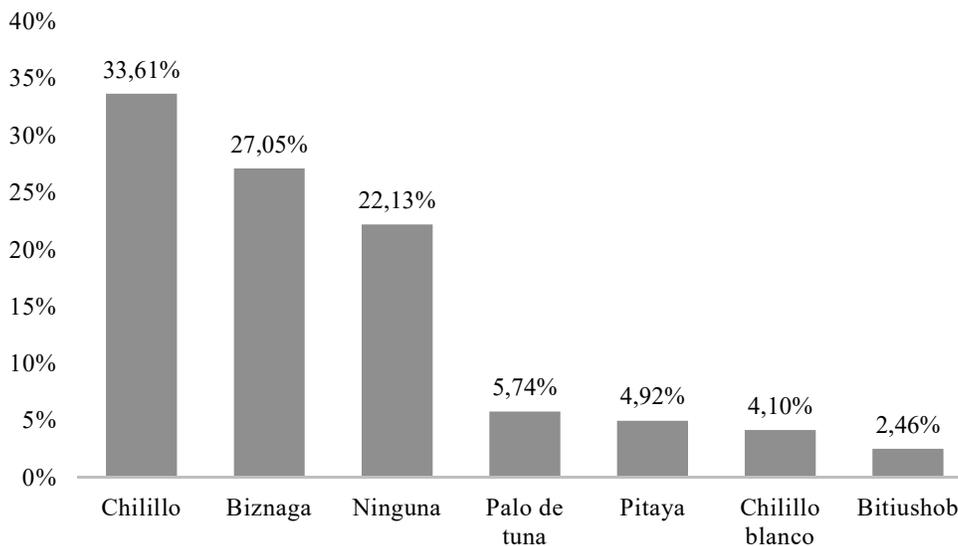


Figura 6. Especies más colectadas de acuerdo al nombre común

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 7. Las colonias que han colectado de frecuente a muy frecuentemente son: el Progreso (38 %), 3 de mayo (25 %) y Roobias (13 %); las que señalaron una frecuencia ocasional fueron: Centro (39 %)

y Aeropuerto (17 %). Finalmente, aquellas con una frecuencia entre rara y nunca fueron: Centro (30 %), Compositores (23 %) y Aeropuerto (10). Las colonias restantes mostraron un porcentaje de colecta menor a 10 % por lo que fueron descartadas del análisis comparativo

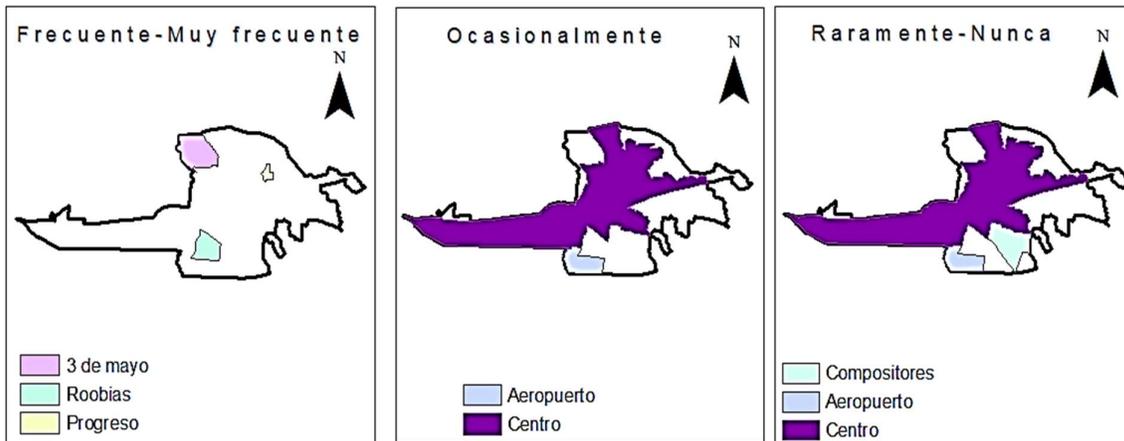


Figura 7. Frecuencia de colecta de acuerdo a las colonias de Mitla
 Fuente: elaboración propia con apoyo del software ArcMAP-ArcGIS Desktop 10.3.

A través del análisis del modelo de ecuaciones estructurales (Figura 8), se observa que la variable FODA, que representa el análisis estratégico de la relación entre factores sociodemográficos y las cactáceas en Mitla, muestra una AVE de 0,616 y una fiabilidad compuesta (rho_c) alta de 0,751, indicando que este factor es confiable y tiene una capacidad significativa. Específicamente, el indicador "colecta", que forma parte del constructo de amenazas, tiene una AVE alta de 0,854, una rho_c de 0,921 y un coeficiente alfa de Cronbach de 0,830, lo que confirma su consistencia y fiabilidad como medida del factor amenazas. En contraste, las fortalezas muestran una AVE muy baja de 0,184, una rho_c baja de 0,041 y un alfa

de Cronbach de 0,155, lo que sugiere que esta variable contribuye mínimamente a la problemática analizada

En la Tabla 3 se muestra que las oportunidades destacan en el análisis por su alta significancia y consistencia en las medidas evaluadas. La AVE alcanzó un valor de 0,680, con una fiabilidad compuesta de 0,865 y un coeficiente alfa de Cronbach de 0,765. Esto sugiere que las oportunidades identificadas podrían aportar beneficios potenciales significativos para el desarrollo socioeconómico de la población. En particular, el comercio resalta con una AVE de 0,662 y una fiabilidad compuesta de 0,794, subrayando la importancia de estos factores en el análisis propuesto.

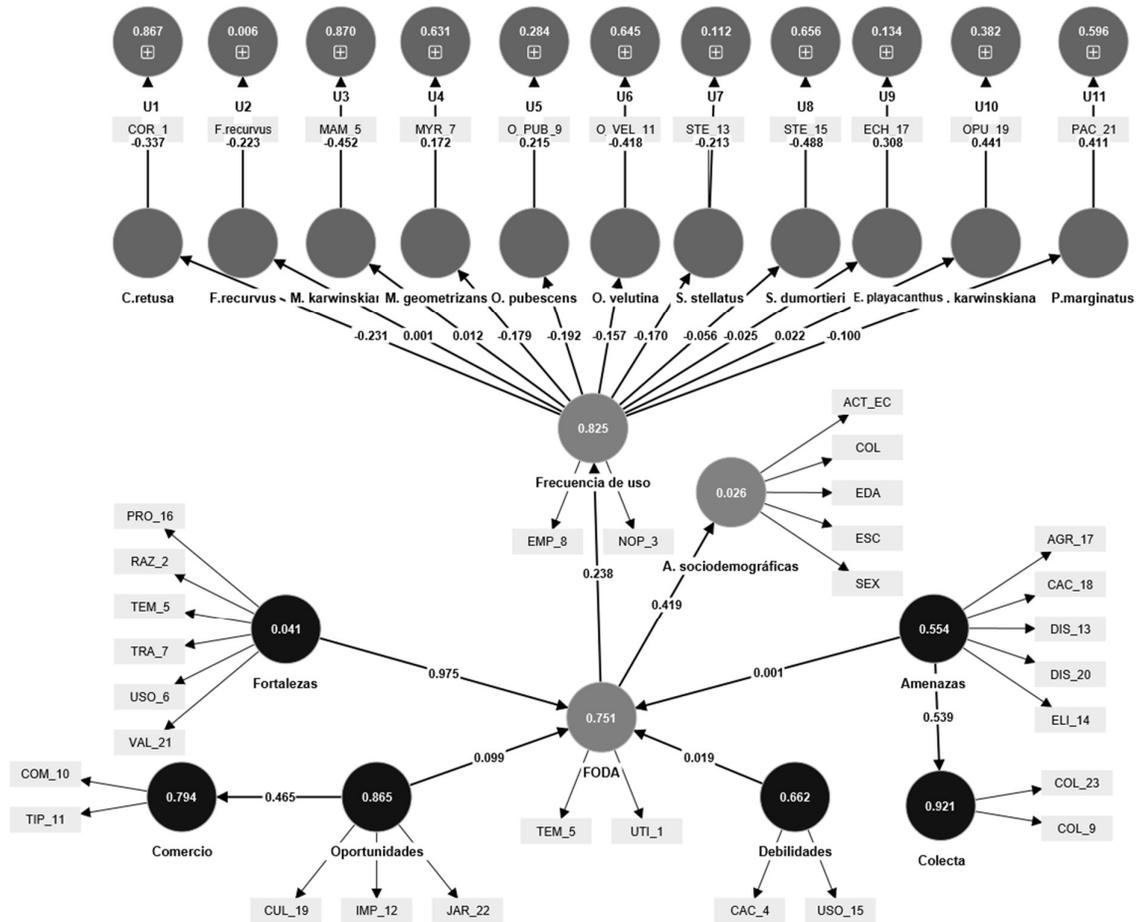


Figura 8. Ecuaciones Estructurales: fiabilidad compuesta del modelo reflectivo
 Fuente: elaboración propia con apoyo del software Smart-PLS V4 y las encuestas aplicadas en la comunidad de estudio. Se muestra los caminos path y la fiabilidad compuesta de los constructos evaluados.

La frecuencia de uso muestra alta confiabilidad y validez, con una AVE de 0,705, una fiabilidad compuesta de 0,825, una rho_a de 0,766 y un coeficiente alfa de Cronbach de 0,611, lo que indica que la población de Mitla utiliza las cactáceas de manera recurrente. Las especies más utilizadas fueron *C. retusa* y *M.*

karwinskiana, mostrando una significancia consistente en los cuatro análisis realizados.

Por lo tanto, se confirma la hipótesis, donde las amenazas juegan un papel más relevante, mientras que las fortalezas tienen una contribución limitada en su preservación y uso sostenible

Tabla 3. Fiabilidad y validez del constructo

	Alfa de Cronbach 0,70-0,90	Fiabilidad compuesta (rho_a) 0,70-0,90	Fiabilidad compuesta (rho_c) 0,70-0,90	Varianza extraída media (AVE) ≥0,50
A. sociodemográficas	0,189	0,343	0,026	0,262
Amenazas	0,143	0,201	0,554	0,233
Colecta	0,830	0,842	0,921	0,854
Comercio	0,508	0,578	0,794	0,662
Debilidades	0,180	0,308	0,662	0,533
FODA	0,449	0,733	0,751	0,616
Fortalezas	0,155	0,821	0,041	0,184
Frecuencia de uso	0,611	0,766	0,825	0,705
Oportunidades	0,765	0,768	0,865	0,680

Fuente: Elaboración propia con apoyo del software Smart-PLS V4 y las encuestas aplicadas en la comunidad de estudio.

DISCUSIÓN

En cuanto a los principales usos que la comunidad de Mitla ha dado a las cactáceas, destacan el ornamental, el comestible y como cerca viva, coincidiendo con lo reportado por Hernández y Vásquez-Dávila (2007) para el Estado de Oaxaca, donde estos mismos usos son predominantes. Similar a lo reportado por Munguía-Vázquez *et al.* (2018) quienes encontraron que en Hidalgo los usos más destacados son el alimenticio, ornamental y forrajero.

Las diferencias en los usos de las cactáceas se deben a las actividades predominantes en cada área de estudio. En Mitla, la ganadería es irrelevante, mientras que el turismo es destacado, lo que explica el uso ornamental de las cactáceas. Esta asociación está estrechamente vinculada a los establecimientos de mezcal que decoran sus locales con estas plantas para añadir un toque exótico.

Sin embargo, las cactáceas enfrentan una serie de riesgos derivados de las actividades humanas. Jiménez (2011) identifica tres principales: cambio de uso de suelo relacionado con la agricultura,

ganadería y urbanización; introducción de especies exóticas que desplazan a las nativas; y la colecta directa, que ha dado paso al tráfico ilegal de especies. Desde el siglo XIX, como señaló Bravo-Hollis (1978), las cactáceas han sido objeto de colectas excesivas para exportación a Europa debido a su atractivo exótico, lo cual ha contribuido a la disminución y desaparición de poblaciones silvestres.

Datos recientes indican que el tráfico ilegal de especies silvestres ocupa el cuarto lugar en importancia dentro del comercio ilegal (SEMARNAT, 2013), afectando según la UICN (2015) al 47% de las especies amenazadas. Este problema se refleja también en los resultados de la presente investigación, donde la colecta de cactáceas ha impactado negativamente las áreas muestreadas. A pesar de haber sido abundantes hace unas seis décadas, las poblaciones han disminuido considerablemente debido a esta actividad, subrayando así la importancia de abordar este factor para la conservación de las cactáceas.

En cambio, Hernández-Oria *et al.* (2007) consideran que entre las actividades humanas relacionadas con la transformación y destrucción del hábitat la



principal causa de riesgo para la sobrevivencia de las cactáceas es la siembra de agave como lo menciona García-Mendoza y Franco-Martínez (2018) la sobreexplotación de este recurso implica la disminución de los hábitats naturales de las cactáceas y, en consecuencia, pone en riesgo su diversidad y supervivencia.

CONCLUSIONES

El análisis realizado indica que las amenazas y debilidades que enfrentan las cactáceas en Mitla superan las fortalezas y oportunidades derivadas de los factores sociodemográficos. Los factores sociodemográficos, especialmente la edad y la ubicación (colonia) de los habitantes, influyen significativamente en la biodiversidad de las cactáceas en San Pablo Villa de Mitla. La edad es crucial, ya que los conocimientos sobre las cactáceas se transmiten a las siguientes generaciones, especialmente a los hijos. Esta transmisión de conocimientos es valiosa para las estrategias de conservación, representando la mayor fortaleza que la cultura zapoteca de Mitla aporta a la preservación de las cactáceas.

La disminución de la diversidad biológica y los impactos negativos en los hábitats naturales son consecuencias directas de las actividades humanas y la falta de gestión adecuada de los recursos. A lo largo de las últimas décadas, la expansión de las actividades agrícolas, la deforestación, la urbanización descontrolada y la explotación insostenible de recursos naturales han llevado a una degradación significativa de los ecosistemas. Esta degradación se manifiesta en la pérdida de biodiversidad, la fragmentación de hábitats y la disminución de la calidad ambiental.

En conclusión, los resultados obtenidos resaltan la importancia de considerar los aspectos sociodemográficos para abordar las amenazas y debilidades, así como para aprovechar las fortalezas y oportunidades en la promoción de la conservación y gestión de la biodiversidad. Es necesario adoptar un enfoque integral que combine la conservación de la biodiversidad, la participación comunitaria y el desarrollo económico sostenible, garantizando así un equilibrio entre el beneficio humano y la preservación del medio ambiente en relación con las cactáceas de Mitla.

BIBLIOGRAFÍA

Aquino, D., & Arias, S. (2010). Cactáceas del Distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México. *Cactáceas suculentas mexicanas*, 55(3), 68-84. [En línea]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Cactaceasysuculentasmexicanas/2010/vol55/no3/1.pdf>.

Arias, S. (1993). Cactáceas: Conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, 109-115. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/142956/44VCact_%c3%a1ceasConservaci_%c3%b3n.pdf?sequence=1.

Arias, S., Gama, S., & Guzmán, L. U. (1997). Cactáceas A.L. Juss. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (14). Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología. México, D.F.

Arias, S., Gama-López, S., Guzmán-Cruz, L. U., & Vázquez-Benítez, B. (2012). Cactácea A.L. Juss. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (95). Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología. México, D.F.

Barthlott, W., Burstedde, K., Korotkova, N., & Mutke, J. (2010). Biodiversidad y distribución de cactáceas. *Boletín de la sociedad latinoamericana y del Caribe de cactáceas y otras suculentas*, 7(1), 6-8. [En línea]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/215672843_Biodiversidad_y_distribucion_de_cactaceas.

Bran, V. (2019). Reporte Tráfico de cactáceas, negocio ilegal que daña a la naturaleza. Reporte Índigo. [En línea]. Disponible en: <https://www.reporteindigo.com/indigonomics/trafico-de-cactus-el-negocio-ilegal-que-dana-a-la-naturaleza-peligro-extincion/>

Bravo-Hollis, H. (1978). Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/24808346/_Bravo_Hollis_H_Las_Cactaceas_de_Mexico_Vol_1_Bookos_org_

Bravo-Hollis, H., & Sánchez-Mejorada, H. (1991a). Las Cactáceas de México. II. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología. México, D.F.

Bravo-Hollis, H., & Sánchez-Mejorada, H. (1991b). Las Cactáceas de México. III. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología. México, D.F.

Bustamante, E., & Búrquez, A. (2005). Fenología y biología reproductiva de las cactáceas columnares. Cactáceas y Suculentas Mexicanas, 50(3), 68-88. [En línea]. Disponible en: https://web.ecologia.unam.mx/cactsucmex/CACTACEAS2005_3.pdf.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres. (2023). Apéndices I, II y III. CITES. [En línea]. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2023/S-Appendices-2023-05-21.pdf>

Data México. (2020-b). Población y vivienda de San Pablo Villa de Mitla. [En línea]. Disponible en: <https://datamexico.org/es/profile/geo/san-pablo-villa-de-mitla?redirect=true>.

Data México. (2020-h). Calidad de vida-cuartos y dormitorios de la vivienda en San Pablo Villa de Mitla. [En línea]. Disponible en: <https://datamexico.org/es/profile/geo/san-pablo-villa-de-mitla?redirect=true>.

Flores-Martínez, A., & Manzanero, G. I. (2010). El género Mammillaria en Oaxaca: Relación entre filogenia y la distribución geográfica. Cactáceas y Suculentas Mexicanas, 55(4), 100-111. [En línea]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Cactaceasysuculentasmexicanas/2010/vol55/no4/1.pdf>.

García Mendoza, A.J. y I.S. Franco Martínez. (2018). Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIBCONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfNE012.pdf>

Hernández, H. M., & Godínez, H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. Acta Botánica Mexicana, 26, 33-52.

Hernández, H. M., Gómez-Hinostrosa, C., & Goettsch, B. (2004). Cactáceas. En A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (Eds.), Biodiversidad de Oaxaca (pp. 199-207). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, D.F.

Hernández, N. y Vásquez-Dávila M.A. (2007). La etnobotánica de las cactáceas endémicas de Oaxaca [Sesión de conferencia]. Memoria del Simposio: La etnobiología en Oaxaca, Xoxocotlán, Oaxaca de Juárez.

Hernández-Oria, J.K., Chávez-Martínez, R.J., & Sánchez-Martínez, E. (2007). Factores de riesgo en las cactáceas amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto chihuahuense, México. Interciencia, 32 (11), 728-734.

Hunt, D. (2016). CITES Cactaceae CHECKLIST. Third edition. Royal Botanic Gardens Kew. [En línea]. Disponible en: [https://www.kew.org/sites/default/files/2019-02/CITES %20Cactaceae %20Checklist %20Third %20Edition.pdf](https://www.kew.org/sites/default/files/2019-02/CITES_%20Cactaceae%20Checklist%20Third%20Edition.pdf).

INEGI. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. 2021. Base de datos.

INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia de México. (2010). Mitla. https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/sitioprehispanico%3A1418

Jiménez, C. L. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Revista Digital Universitaria, 12(1), 1-23. [En línea]. Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/art04.pdf>.

García Mendoza, A.J., Ordóñez M.J. & Briones-Salas (2004). Biodiversidad de Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Fondo para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. [En línea]. Disponible en: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Tráfico ilegal de vida silvestre. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001601.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2016). Cactáceas, riqueza natural de México.

Nyffeler, R. (2002). Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from TRNK/ MATK y TRNL-TRNF sequences. American Journal of Botany, 89(2), 312-326. [En línea]. Disponible en: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3732/ajb.89.2.312>.

Mandujano, M.C., Golubov, J., & Reyes J. (2002). Lo que usted siempre quiso saber sobre las cactáceas y nunca se atrevió a preguntar. Biodiversitas, 40, 4-7. [En línea]. Disponible en: [https://studylib.es/doc/4777507/lo-que-usted-siempre-quiso-saber-sobre-las-cact %C3 %A1ceas-y-nu](https://studylib.es/doc/4777507/lo-que-usted-siempre-quiso-saber-sobre-las-cact%C3%A1ceas-y-nu).

Martínez-Bolaños, K. A. (2014). El valor de uso de plantas ornamentales-rituales comercializadas en los mercados de los valles centrales del Estado de Oaxaca [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca].

Munguía-Vázquez, A., Cárdenas-Camargo, I., & Rangel-Villafranco, M. (2018). Uso y conocimiento de cactáceas en la comunidad otomí de El Alberto, en Ixmiquilpan (Hidalgo, México). Ambiente y Desarrollo, (22) 43, 1-13. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3478/347874622003/movil/>.

Meza, M.V. (2011). Segundo informe Cactáceas mexicanas: usos y amenazas. INE-ADA, 1209p.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2015). El comercio ilegal contribuye a situar a los cactus entre las especies más amenazadas del mundo. Lista Roja de la UICN. <https://www.iucn.org/es/content/el-comercio-ilegal-contribuye-asituar-a-los-cactus-entre-las-especies-mas-amenazadas-del-mundo-lista-roja-de-lauicn>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2022). Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. [En línea]. Disponible en: [https://www.iucnredlist.org/search?query=Nopalea %20karwinskiana&searchType=species](https://www.iucnredlist.org/search?query=Nopalea%20karwinskiana&searchType=species)