



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

MANEJO TRADICIONAL Y VARIACIÓN MORFOLÓGICA
DE *Myrtillocactus schenckii* (J.A. PURPUS) BRITTON & ROSE
EN EL VALLE DE TEHUACÁN, PUEBLA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

BIÓL. JOSÉ JUAN BLANCAS VÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALEJANDRO CASAS FERNÁNDEZ

MÉXICO, D.F.

MAYO, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento del:

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- Fondo Sectorial SEMARNAT/CONACYT (Proyecto 2002-C01-0544) “Recursos genéticos de México: Manejo *in situ* y bioseguridad”.
- Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, PAPIIT, DGAPA, UNAM. (Proyecto IN220005) “Bases ecológicas para el aprovechamiento y conservación de recursos vegetales en las zonas áridas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán”.
- Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor de tesis Dr. Alejandro Casas Fernández, por darme la oportunidad de trabajar en su equipo, por compartir sus conocimientos, por inculcarnos ese espíritu de solidaridad, por su paciencia y dedicación en todos los proyectos y por supuesto, por su amistad. Casas, muchas gracias.

Al Dr. Javier Caballero Nieto y al Dr. Rafael Lira Saade, por ser parte de mi Comité Tutoral y por todas sus observaciones para que este trabajo saliera mejor.

A la Dra. Patricia Dávila Aranda y al Dr. Oswaldo Téllez Valdés, por las sugerencias y comentarios para mejorar este trabajo.

Al Dr. Alfonso Valiente Banuet, por darme asilo estos años en el Instituto de Ecología de la UNAM, por sus excelentes clases, por su espíritu crítico y por enseñarnos la ecología desde otra perspectiva y también por su amistad. Vali, muchas gracias.

Al Biól. Edgar Pérez-Negrón Souza, por su invaluable apoyo en el trabajo de campo y por las facilidades técnicas para que este trabajo pudiera realizarse. Chalino, gracias.

A mis compañer@s y amig@s del Laboratorio de Ecología y Evolución de Recursos Vegetales del Centro de Investigaciones en Ecosistemas - UNAM, por su amistad, por ese espíritu de colaboración, por su hospitalidad y por su decidido apoyo en el campo, sin el cual este trabajo no se hubiera concluido. Siempre me sentí como en casa, de verdad gracias a tod@s: Nacho, Ana, Leo, Susa, Sele, América, Fabi, Eviña y Fer.

Al M. en C. Adolfo Vital Rumebe, por su apoyo y por haberme otorgado todas las facilidades en el laboratorio. A la Dra. Elena Baraza Ruíz y en general a todos mis compañer@s del Laboratorio de Ecología de Comunidades del Instituto de Ecología de la UNAM.

Al personal del Posgrado en Ciencias Biológicas, por su infinita paciencia, profesionalismo, dedicación y atención en todos los trámites. En especial agradezco a María Dolores Rodríguez Guzmán, Alejandro Rebollar Villagómez, Roberto Sáyago Lorenzana y a Lilia Jiménez Solís.

Mi agradecimiento especial a la población y autoridades de San Luis Atlotitlán y de Santiago Coatepec, Municipio de Caltepec, Puebla, por todas las facilidades para que esta investigación pudiera realizarse. Gracias por su hospitalidad y colaboración y por compartir sus conocimientos producto de una cultura milenaria. Gracias por permitirnos recrear nuestros sentidos con su maravillosa y rica herencia natural y cultural.

Y finalmente a nuestra noble y querida UNAM, que es y seguirá siendo la mejor universidad de México.

Este trabajo está dedicado a ti, pequeño Pável, que a pesar de todas mis ausencias, siempre me recibías con tu linda sonrisa. Gracias por tu paciencia y por ser como eres, desinhibido, sociable, cariñoso, tierno e inteligente. Te amo cosita

Para ti Ale, que siempre has sido un ejemplo en muchos sentidos. Este trabajo es, en parte, producto de tus enseñanzas. Gracias por tu cariño y amistad.

A mi mamá y a tod@s mis hermanos. Gracias porque a pesar de todas nuestras carencias, siempre tuvimos lo más valioso: la perseverancia, el cariño, la solidaridad, el respeto y la libertad.

A mis sobrin@s grandes y pequeños, por todas las alegrías que me han dado.

A todos mis amig@s de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

A mis amig@s y compañer@s del Tianguis Cultural Artesanal de Coyoacán, un lugar maravilloso, escaparate de nuestra riqueza cultural, fuente casi inagotable de financiamiento y donde aprendí que la unión hace la fuerza.

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I	12
INTRODUCCIÓN	12
Hipótesis	17
Objetivos	18
CAPÍTULO II	19
MÉTODOS	19
Área de estudio	19
La especie estudiada	24
Estudio etnobotánico	26
Estudios morfométricos	27
Análisis de Datos	30
CAPÍTULO III	33
RESULTADOS	33
Etnobotánica	33
Partes Aprovechadas	34
Aprovechamiento de las raíces	35
Aprovechamiento de las ramas	36
Sobre el uso de las flores	37
Aprovechamiento de los frutos	37
Sobre el uso de la planta completa	45
Sobre el manejo del garambullo	46
Estudios morfométricos	49
Análisis de Agrupamiento (Cluster Analysis)	49
Análisis de Componentes Principales (PCA)	50
Análisis Discriminante	58
Análisis de Varianza por población.	59
Análisis de Varianza por tipo de manejo	66
Índices de Diversidad Morfológica (DM)	66
CAPITULO IV	73
DISCUSIÓN	73
Uso y aprovechamiento del garambullo	74
Manejo tradicional del garambullo	76
Variación Morfológica	78
Diversidad morfológica asociada al manejo	84
Manejo tradicional y conservación	86
CONCLUSIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXO I	96

RESUMEN

Myrtillocactus schenckii es un cactus columnar endémico de Puebla y Oaxaca, México. En el Valle de Tehuacán es conocido como “garambullo” y apreciado por sus frutos comestibles. Se encuentra en el área como planta silvestre, bajo manejo silvícola tolerado en campos agrícolas, así como cultivado dentro de las huertas y solares campesinos. Mediante el manejo silvícola, la gente deja en pie aquellos individuos que producen mayor cantidad de frutos y de mayor tamaño. Se obtuvo información sobre los usos y formas de manejo del garambullo por medio de entrevistas. Estas entrevistas permitieron establecer que aunque el recurso es apreciado por sus frutos, su importancia en la actualidad está disminuyendo en comparación con el pasado. Esta disminución en la importancia cultural, entre otros factores, parece deberse a cambios acelerados en la cultura local, los que se traducen en una disminución en el consumo de los frutos y en la tendencia a sustituir a esta especie por otras en los solares y parcelas campesinas. Se analizó con métodos estadísticos multivariados la variación morfológica en poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas, con el propósito de evaluar si ésta tiene relación con la intensidad de manejo. Los resultados muestran divergencias morfológicas significativas entre las poblaciones por tipo de manejo y tales divergencias están fuertemente asociadas a aquellos caracteres morfológicos usados por la gente. Entre los más importantes destacan, el tamaño de los frutos y la productividad de frutos por rama. Los mayores tamaños se encuentran en las poblaciones cultivadas (0.994 ± 0.035), seguidos de las manejadas *in situ* (0.820 ± 0.029) y finalmente las silvestres (0.681 ± 0.030). Los valores más altos de producción de frutos por rama se encuentran en las poblaciones cultivadas (204.452 ± 11.696), seguidos de las manejadas *in situ* (70.625 ± 9.55) y finalmente las silvestres (59.748 ± 9.55). Estos caracteres son blancos directos de la selección artificial, de tal suerte que se sugiere que esta selección es causante de la divergencia morfológica y por lo tanto revela grados incipientes de domesticación. En este sentido la variación morfológica guarda estrecha relación con las prácticas de manejo y en general con la información etnobotánica obtenida, mostrando que los individuos se agrupan dependiendo del tipo de manejo a que se encuentran sometidos. También se consideró un índice de Diversidad Morfológica (*DM*) para analizar si ésta

ha sido afectada significativamente por el manejo. Los valores más altos se presentaron en las poblaciones manejadas *in situ* ($DM = 0.768 \pm 0.016$), mientras que las poblaciones cultivadas tuvieron valores intermedios ($DM = 0.679 \pm 0.019$) y los valores más bajos se registraron en las poblaciones silvestres ($DM = 0.652 \pm 0.016$). Las poblaciones manejadas *in situ* y cultivadas, donde se lleva a cabo selección artificial, son importantes reservorios de la diversidad morfológica de la especie. Al comparar estos resultados con los de otras cactáceas columnares presentes en la zona (*Polaskia chende* $DM = 0.348 \pm 0.046$; *Stenocereus stellatus* $DM = 0.450 \pm 0.015$; *Polaskia chichiipe* $DM = 0.590 \pm 0.007$), las poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* presentaron en promedio valores de DM más altos (0.703 ± 0.029). Las prácticas de manejo revelan el amplio conocimiento que tienen los campesinos del lugar acerca de la biología y ecología del garambullo. Sin embargo estas prácticas de manejo están en peligro ya que están siendo reemplazadas por técnicas de cultivo que tienden a homogenizar las parcelas y a eliminar por completo los elementos perennes de la vegetación. Existe una preocupación seria por parte de la población local por conservar sus recursos, y este estudio aspira a ser de utilidad en el propósito de hacer compatible el bienestar con la conservación de los recursos biológicos.

ABSTRACT

Myrtillocactus schenckii is a columnar cactus endemic from Puebla and Oaxaca, Mexico. In the Tehuacan Valley it is called “garambullo” and it is appreciated because of their edible fruits. In the area it is found as a wild plant, under silvicultural management as a tolerated element in agricultural fields where people let stand selectively individual plants producing more and larger fruits, and cultivated in home gardens and orchards.

In this study we obtained information about the uses and management forms of the garambullo through a survey. The interviews allowed us to establish that although this species is appreciated because of their fruits, at present its cultural importance is decreasing compared with its importance in the past. Such decreasing of cultural importance can be due to the accelerated changes in the local culture determining a lower consumption of fruit of this species its substitution for other species in home gardens and agricultural fields. We analyzed through multivariate statistical methods the morphological variation in wild, managed *in situ* and cultivated populations, in order to evaluate if this variation is associated to human management. Our results show significant morphological divergences between the different populations and that these divergences are strongly associated with that morphological characters used by people. The most meaningful features are fruit size and fruit production per branch. The largest fruits were found in cultivated and in managed *in situ* populations and the shortest in wild populations (0.994 ± 0.035 ; 0.820 ± 0.029 ; 0.681 ± 0.030 , respectively). The highest production of fruits per branch was found in cultivated and managed *in situ* populations and the lowest in wild populations (204.452 ± 11.696 ; 70.625 ± 9.55 ; 59.748 ± 9.55 respectively). These characters are direct targets of artificial selection which suggests that artificial selection is the main cause of morphological divergence and reveals an incipient degree of domestication. In this sense, the morphological variation has a close relation with the management practices

and in general with the ethnobotanical information we obtained, showing that individual plants are grouped depending on the management type.

A Morphological Diversity index (*MD*) was evaluated as in order to analyze the effect of management intensity on this feature. The highest *MD* values were recorded in the managed *in situ* populations, the cultivated had intermediate values, whereas the wild populations showed the lowest values ($MD = 0.768 \pm 0.016$; $MD = 0.679 \pm 0.019$; $MD = 0.652 \pm 0.016$, respectively). These results suggest that managed *in situ* and cultivated populations, where artificial selection is carried out, are important reservoirs of morphological diversity of this species.

Compared with *MD* values obtained in other columnar cacti of the same area (*Polaskia chende* $MD = 0.348 \pm 0.046$; *Stenocereus stellatus* $MD = 0.450 \pm 0.015$; *Polaskia chichi* $MD = 0.590 \pm 0.007$), *Myrtillocactus schenckii* showed the highest *MD* values (0.703 ± 0.029). The ethnobotanical information revealed the deep knowledge that native people have on biology and ecology of the garambullo. Nevertheless this management practices are endangered because are being replaced by agricultural techniques that look for homogenization of elements and the removal of perennial elements of the vegetation. There is a serious interest on conservation of plan resources by local people, and this study aspires to contribute with useful information to obtain equilibrium between well-being with the conservation of biological resources.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Los cactus son originarios de América y se distribuyen principalmente en zonas áridas y semiáridas (Bravo-Hollis, 1978; Rzedowski, 1993; Casas y Barbera, 2002), las cuales en México constituyen aproximadamente dos tercios de su territorio (Toledo y Ordóñez, 1993). Desde la prehistoria y hasta el presente, los pueblos indígenas de las regiones culturales conocidas como Mesoamérica y Aridoamérica (Nárez, 1994) han utilizado los cactus como alimento, medicina, herramientas y construcción, entre otros usos; como lo demuestran estudios arqueológicos en el Valle de Tehuacán, en la Sierra de Tamaulipas y en Guilá-Naquitz, Oaxaca (MacNeish, 1967, 1992; Smith, 1967; Bravo Hollis, 1978; Flannery, 1986; Casas y Barbera, 2002), así como diversas fuentes etnohistóricas (Sahagún, 1970, 1985; De la Cruz y Badiano, 1964; Del Barco, 1988) y estudios etnobotánicos (véase una revisión de éstos en Casas *et al.*, 1999a y Casas y Barbera, 2002). En la actualidad, la subsistencia de los pueblos campesinos indígenas de las zonas áridas de México se basa en la agricultura, el pastoreo y la recolección de un amplio espectro de recursos vegetales, entre los que destacan los cactus (Felger y Moser, 1976; Casas *et al.*, 2001, Casas y Barbera, 2002; Hammer, 2001).

Por su abundancia, fácil acceso, diversidad, y por ofrecer una gran variedad de opciones de uso, los cactus son uno de los recursos vegetales más importantes de las zonas áridas (Casas *et al.*, 1999a). Casas y Barbera (2002) registraron que de un total de 420 especies de cactus en el área mesoamericana de México, 118 son utilizados por los pueblos de Mesoamérica. Entre éstas las más importantes son las del género *Opuntia*, cactus columnares de las tribus Pachycereeae y Cereeae y diversas especies de biznagas. Los frutos de todas estas especies son comestibles y en algunos casos también lo son las flores y tallos. Su madera es utilizada para construir cercas y casas, y frecuentemente también como leña. Algunas especies son usadas como cercas vivas alrededor de las casas o de campos de cultivo, en donde funcionan como sistemas de protección del suelo contra la erosión (Casas *et al.*, 1999a ; Hammer, 2001).

México es el principal centro de diversidad de cactus columnares en el mundo, con cerca de 70 especies que constituyen alrededor de la mitad de las que existen en el planeta (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Los cactus columnares fueron de las primeras plantas que utilizaron los humanos que poblaron el Valle de Tehuacán hace aproximadamente 10,000 años (Mac Neish, 1967). Esta región, junto con la Cuenca del Río Balsas, tiene la mayor diversidad de especies de cactáceas columnares del mundo, con 45 de las 70 especies de México, la totalidad de las cuales son especies útiles (Casas *et al.*, 1999a). El Valle de Tehuacán, el área de estudio de la presente investigación, forma parte de esta región. Ahí se han registrado 20 especies de cactáceas columnares, de las cuales todas tienen usos comestibles (Casas *et al.*, 1999a; 2001; Otero-Arnaiz, *et al.*, 2003).

Investigaciones etnobotánicas por Casas *et al.* (1996, 1997b, 2001), González-Soberanis y Casas (2004); Paredes (2006), y Blanckaert *et al.* (2007) han mostrado que en el área de estudio están presentes diversas formas de interacción entre humanos y plantas, incluyendo a los cactus columnares, y de acuerdo con Casas *et al.* (1999a), algunos de estos tipos de manejo podrían haber derivado de formas similares de manejo de plantas practicadas por la gente en el pasado. Casas *et al.* (1996) agrupan estas formas de manejo en aquellas que se presentan en las poblaciones silvestres *in situ* y las que ocurren fuera del hábitat natural o manejo *ex situ*. Mediante el manejo *in situ* los humanos pueden tomar productos de la naturaleza sin perturbaciones significativas, como en el caso de la recolección. Sin embargo también pueden alterar la estructura de las poblaciones de plantas, por ejemplo incrementando el número de fenotipos particulares que les reditúan alguna utilidad.

Entre las formas de manejo *in situ* Casas *et al.* (1997a) incluyen la tolerancia, que consiste en aquellas prácticas de manejo dirigidas a mantener en los ambientes antropogénicos a plantas útiles que existían antes de que éstos fueran transformados por los humanos. También incluyen la inducción o fomento, la cual consiste en estrategias dirigidas a aumentar la densidad de población de especies útiles en una

comunidad vegetal; así como la protección, que incluye cuidados como eliminación de competidores y depredadores, podas, aplicación de fertilizantes, etc., a fin de salvaguardar algunas plantas silvestres de valor especial.

Se han identificado formas de selección artificial en poblaciones manejadas *in situ* de algunas especies de plantas, en las cuales los recolectores distinguen diferencias en características de sus partes útiles, como por ejemplo el sabor, el color, el tamaño, la presencia de sustancias tóxicas, entre otras, y eligen las mejores plantas para usarlas (Casas y Caballero, 1996; Casas *et al.*, 1996, 1997a, 1997b).

En un análisis sobre las formas de manejo *in situ* en Mesoamérica, Casas *et al.* (1997b) hacen referencia a diversos estudios que aportan evidencia de que la selección artificial ha tenido efectos notorios bajo manejo *in situ*, generalmente debido a que este manejo ha determinado que en las poblaciones manejadas los fenotipos favorables tengan frecuencias significativamente más altas que en las silvestres. Esta evidencia se ha encontrado tanto en plantas perennes como las de los géneros *Opuntia* (Colunga, 1984), *Agave* (Colunga *et al.*, 1996), en *Leucaena esculenta* (Casas y Caballero, 1996), y *Ceiba aesculifolia* (Avendaño *et al.*, 2006), como en plantas anuales como *Anoda cristata* y *Crotalaria pumila* (Casas *et al.*, 1997a).

También se ha encontrado evidencia de este proceso en cactáceas columnares como *Stenocereus stellatus* (Casas *et al.*, 1999b), *S. pruinosus* (Luna y Aguirre, 2001) *Polaskia chende* (Cruz y Casas 2001), *P. chichiipe* (Carmona y Casas, 2005), *Escontria chiotilla* (Arellano y Casas, 2003) y *Pachycereus hollianus* (Rodríguez-Arévalo *et al.*, 2006). Mediante análisis estadísticos multivariados, estos autores encontraron divergencias morfológicas significativas entre las poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas, y en general encontraron que estas divergencias están marcadamente determinadas por diferencias en los caracteres morfológicos usados por la gente.

En el caso de las cactáceas columnares, los campesinos comúnmente seleccionan aquellos fenotipos que producen frutos más grandes y más dulces, con

cáscara más delgada y con menos espinas, así como los que tienen mejor sabor y un color atractivo de los frutos (Casas *et al.*, 1999a). Estos caracteres son blancos directos de la selección artificial, y por ello los autores mencionados han considerado que esta selección puede ser la causa principal de la divergencia morfológica y presumiblemente también genética (véase Casas *et al.*, 1999a, 1999b; Otero-Arnaiz *et al.*, 2005) entre las poblaciones silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas.

Una conclusión general de todos estos trabajos es que en las especies estudiadas se practica la selección artificial tanto bajo cultivo como bajo manejo *in situ*. Mediante el manejo *in situ* la selección artificial se lleva a cabo favoreciendo la presencia y en ocasiones aumentando el número de fenotipos favorables, no así el caso de fenotipos no favorables, los cuales pueden incluso ser eliminados. Bajo cultivo la gente propaga deliberadamente las partes vegetativas de los fenotipos más favorables y protege las plántulas más vigorosas que llegan a establecerse en los huertos y solares. Los efectos de estos procesos selectivos sobre la morfología, la genética, la fisiología y la biología reproductiva de las especies manejadas se han documentado para diferentes especies de cactáceas columnares (Casas *et al.*, 1999a).

La documentación del efecto de la selección artificial bajo manejo *ex situ* e *in situ* es de particular relevancia para analizar las diversas vías bajo las cuales operan los procesos evolutivos determinados por los seres humanos. Es igualmente importante para examinar nuevas formas de entender el origen de la agricultura en la región y para fundamentar las técnicas de conservación de los recursos genéticos *in situ*. Sin embargo, es necesario aún documentar más casos que permitan visualizar los diversos patrones de domesticación de las plantas en Mesoamérica.

Tomando en cuenta los estudios de domesticación de cactáceas columnares previamente reportados, el caso de *Myrtillocactus schenckii* ofrece la posibilidad de analizar el efecto de la selección artificial dentro de un gradiente de intensidad de manejo. Dado que esta especie se encuentra sometida a un nivel intermedio de intensidad de manejo; es decir, está presente en los solares campesinos así como en las

parcelas como un elemento tolerado, posee escasa capacidad para reproducirse vegetativamente y es de lento crecimiento. En los casos de otras especies estudiadas previamente como *Polaskia chende* y *Escontria chiotilla*, éstas se encuentran sometidas a una relativamente más baja intensidad de manejo pues no se les cultiva, no tienen propagación vegetativa y son de lento crecimiento. En contraste, especies como *Stenocereus stellatus* y *Polaskia chichipe* se encuentran sometidas a una mayor intensidad de manejo, pues se les cultiva, tienen propagación vegetativa y son de crecimiento más rápido (Casas *et al.*, 1999b, Arellano y Casas, 2003; Carmona y Casas, 2005).

En el Valle de Tehuacán, *M. schenckii* es conocido como “garambullo”. Es apreciado por sus frutos comestibles y se encuentra en el área como planta silvestre, formando bosques de cactáceas columnares en los que llega a ser la especie dominante. Arias *et al.* (1997) lo reportan además formando parte del bosque tropical caducifolio y del bosque de *Quercus*. También se le encuentra manejado *in situ*, como un elemento tolerado en campos abiertos para la agricultura, así como cultivado dentro de las huertas y solares campesinos. Es una especie endémica de los estados de Puebla y Oaxaca, encontrándosele en elevaciones desde los 180 m en el Istmo de Tehuantepec y a los 600 msnm en la región de La Cañada, hasta los 2000 m en el Valle de Tehuacán. Se encuentra también en los Valles Centrales de Oaxaca y en algunas localidades de la Sierra Sur.

Es una planta de 3 a 5 m de alto, produce flores a lo largo de los márgenes de las costillas y sus frutos son de 0.8 a 1.5 cm de largo, globosos o elipsoides (Arias *et al.*, 1997). No se han encontrado restos arqueológicos en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán que evidencien su uso en el pasado, aunque en los Valles Centrales de Oaxaca, recientemente se han hallado numerosos restos de semillas y frutos de esta especie en la zona arqueológica conocida como “El Palmillo”, en estratos de 200 a 800 años D. C., lo que parece confirmar la importancia de este recurso en la subsistencia de los grupos humanos que habitaron esa zona (Middleton *et al.*, 2001).

De acuerdo con Casas *et al.* (1999a), *M. schenckii* se usa principalmente por sus frutos comestibles, considerados por la gente como de buena calidad y se comercializan regionalmente, aunque no existen datos sobre la importancia de este recurso en la economía de las familias que se dedican a su comercialización. Estos frutos se consumen en fresco o se usan para preparar un licor con aguardiente. Sus tallos también se usan como forraje y los individuos en pie como cerca viva.

Casas *et al.* (1999a) reportan a *M. schenckii* como planta silvestre y manejada *in situ*, pero las observaciones de campo realizadas durante el desarrollo del presente estudio en el Valle de Tehuacán, han permitido establecer con claridad que los pobladores de la zona mantienen individuos de esta especie en solares y otras áreas aledañas a las viviendas, en donde llegan a ser muy numerosos, como en Santiago Coatepec, Puebla. Ante estas observaciones, es factible esperar la existencia de un patrón de variación morfológica en sus poblaciones asociado a las prácticas de manejo de las que son objeto por parte de la gente del área, como ocurre con otras especies estudiadas previamente. Por lo tanto, el presente estudio está dirigido a contestar esta pregunta.

Hipótesis

Si las poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* están recibiendo un manejo *in situ* y cultivo de manera similar a otras cactáceas columnares por la gente del Valle de Tehuacán, tal manejo debe estar involucrando una selección artificial de la especie. La selección artificial, como en otras especies, se espera que esté dirigida a favorecer un incremento en el número de individuos con características deseables para la gente, ya sea a partir de su tolerancia selectiva al realizar desmontes, así como mediante la propagación selectiva deliberada de los individuos con mejores fenotipos bajo cultivo. Si este proceso está ocurriendo, en consecuencia es factible esperar que la frecuencia de fenotipos con frutos de mejor calidad sea mayor en las poblaciones manejadas *in situ* con respecto a las silvestres y mayor aún en las poblaciones cultivadas.

Objetivos

El objetivo general de este estudio fue probar la hipótesis anterior, para ello se propuso: (1) Documentar las formas de uso, manejo y percepción de la variabilidad morfológica de *M. schenckii*, por la gente de la zona de estudio, (2) reconocer las partes de la planta que son objetivo de la selección artificial, la dirección de dicha selección y los mecanismos por medio de los cuales la selección artificial opera, (3) conocer los patrones de variación morfológica de poblaciones silvestres en comparación con los de las poblaciones manejadas *in situ* y cultivadas, con el fin de evaluar la consecuencia de los procesos selectivos en las poblaciones, (4) analizar el patrón específico de variación morfológica de *M. schenckii* en el contexto de otras especies de cactáceas columnares sometidas a mayor y menor intensidad de manejo, con el fin de evaluar si el efecto de la selección artificial es proporcional a la intensidad con la que actúa.

CAPÍTULO II MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro del Valle de Tehuacán, el cual pertenece a la provincia florística denominada por Rzedowski (1978) como Valle de Tehuacán-Cuicatlán, la cual forma parte de la región xerofítica mexicana. Comprende una porción de la parte sur del estado de Puebla y del noroeste del estado de Oaxaca (Figura 1). Tiene una superficie de 10,000 km²., dentro de la cual se encuentra la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, con una superficie de aproximadamente 4,300 km² (Dávila *et al.*, 2002).

De acuerdo con García (1988), la región comprende tipos climáticos cálidos con precipitación media anual de 700 a 800 mm en la porción sureste del Valle, tipos semicálidos con precipitación media anual de 400 a 500 mm en la porción central y oeste en la ciudad de Tehuacán, y climas templados con precipitación de 600 mm anuales en la región de la sierra de Tecamachalco (Valiente-Banuet *et al.*, 2000). Presenta una amplia diversidad de ambientes, la cual se refleja en los 29 tipos de asociaciones vegetales registrados por Valiente-Banuet *et al.* (2000), los cuales albergan una gran riqueza florística de 2521 especies de angiospermas, 156 de pteridofitas, 57 de briofitas y un alto grado de endemismo (13.6% de la flora total) (Dávila *et al.*, 2002).

Particularmente, el estudio se realizó dentro del territorio de las comunidades de San Luis Atlotitlán y Santiago Coatepec, municipio de Caltepec, Puebla, México (Figura 1), el cual se encuentra dentro del área de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Esta zona ha sido habitada por seres humanos desde tiempos precolombinos, como lo revelan los restos arqueológicos que continuamente encuentran sus pobladores actuales, y en el presente las comunidades son ocupadas

por pobladores de origen nahua. La estación climatológica más cercana es la de la comunidad de Caltepec, con base en cuyos datos se ha caracterizado el clima como semicálido, con una temperatura media anual de 18.5 °C, una precipitación anual de 400 mm (Dávila, *et al.*, 1993) y una elevación promedio de 1850 msnm.

En estas localidades se estudiaron ocho poblaciones de *M. schenckii*; incluyendo tres silvestres, tres manejadas *in situ* y dos cultivadas (Tabla 1). Las poblaciones silvestres se definieron como aquellas que se encuentran en áreas conservadas con vegetación primaria. Por su parte se consideraron como poblaciones manejadas *in situ*, aquellas que se encuentran en áreas perturbadas, como los terrenos que se abren a la agricultura, en donde se dejan en pie algunas cactáceas columnares. Finalmente, las poblaciones cultivadas se encuentran en las poblaciones humanas, específicamente en solares o en los huertos familiares (Figura 2). De cada población se muestrearon 30 individuos reproductivos (un total de 240 individuos distribuidos en 8 poblaciones).

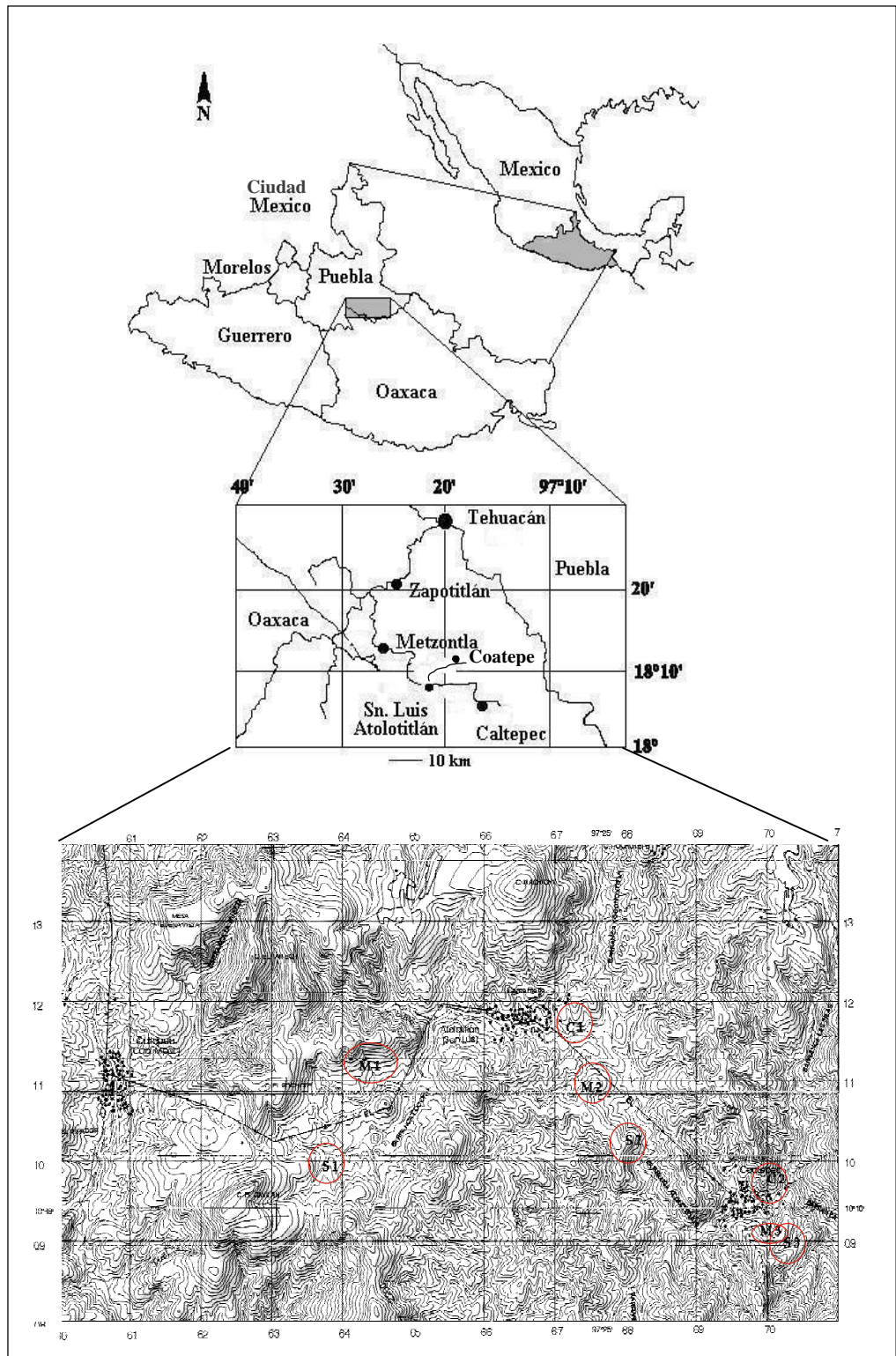


Figura 1. Localización del área de estudio. Las letras encerradas en los círculos rojos muestran los sitios de muestreo e indican el número de población estudiada por tipo de manejo (S = Silvestres, M= Manejadas *in situ* y C = Cultivadas)

Tabla 1. Ubicación de las poblaciones estudiadas de *Myrtillocactus schenckii* en la zona de estudio.

Población	Altitud (msnn)	Localización geográfica	Localidad
Silvestre 1	2,090	18° 10' 28" N 97° 27' 16" W	San Luis Atolotitlán (Pico del Gavilán)
Silvestre 2	1,933	18° 10' 35" N 97° 24' 48" W	San Luis Atolotitlán (Garambullera)
Silvestre 3	1,825	18° 09' 02" N 97° 23' 06" W	Santiago Coatepec
Manejada	2,043	18° 10' 41" N 97° 26' 46" W	San Luis Atolotitlán (Tocotín)
Manejada	1,942	18° 10' 52" N 97° 24' 56" W	San Luis Atolotitlán (Garambullera)
Manejada	1,853	18° 09' 15" N 97° 23' 23" W	Santiago Coatepec
Cultivada	1,903	18° 11' 12" N 97° 27' 13" W	San Luis Atolotitlán
Cultivada	1,780	18° 09' 38" N 97° 23' 12" W	Santiago Coatepec

a)



b)



c)



Figura 2. Aspecto de las poblaciones estudiadas de *Myrtillocactus schenckii*. a) Población silvestre, b) Población manejada *in situ* y c) Población cultivada.

La especie estudiada

Myrtillocactus schenkii es un cactus columnar endémico de los estados de Oaxaca y Puebla (Figura 3). Tiene una altura de 3 a 5 m, con un tallo principal corto. Sus ramas tienen aproximadamente 10 cm de diámetro, son ascendentes, verde oscuras, con 6 a 8 costillas de 2 a 3 cm de alto y con un margen ligeramente agudo. Las aréolas tienen de 4 a 6 mm de largo, son orbiculares, separadas entre sí por 4 a 7 mm. Presentan cerdas escasas en la parte superior de la aréola, pardo-amarillentas, deciduas. En las aréolas se presentan de 5 a 8 espinas radiales, de 0.5 a 1.2 cm de largo por 0.5 a 0.8 mm de ancho, son subuladas, rectas, rígidas, pardas a negras. La espina central es de 1 a 5 cm de largo por 0.8 a 2 mm de ancho, tubulada, rígida, recta, negra. Las flores se producen a lo largo de las costillas, tienen de 2 a 3 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho. El pericarpelo es de 4 a 6 mm de largo y de las mismas dimensiones de ancho, con bractéolas rojas y aréolas escasas, inconspicuas. El tubo receptacular es de 4 a 50 mm de largo; los tépalos son de 0.8 a 1.3 cm de largo por 0.4 a 0.5 cm de ancho, oblongos, ampliamente extendidos; los más externos de color pardo-verdosos y los más internos blanco-amarillentos. Los estambres son de 0.8 a 1.2 cm de largo, con filamentos blancos; el estilo es de 1 a 1.5 cm de largo, blanco, con 4 a 5 lóbulos en el estigma de *ca.* 3 mm de largo, amarillo-verdosos. Los frutos son de 0.8 a 1.5 cm de largo por 0.6 a 1.5 cm de ancho, globosos o elipsoides, rojo-carmín, a veces con espinas vestigiales, escasas, deciduas, pulpa parda a roja; semillas de *ca.* 1.0 mm. de largo (Arias *et al.*, 1997).

Para ver esta película, debe disponer de QuickTime™ y de un descompresor TIFF (LZW).

Figura 3. *Myrtillocactus schenckii*. -A. Hábito. -B. Corte transversal de una rama. -C. Ápice de una rama con flores y frutos. -D. Flor, vista en corte longitudinal. (Ilustraciones tomadas de: Arias *et al.* 854 -A.; Arias *et al.* 920 -B., -C., -D.)

Estudio etnobotánico

En ambas localidades se obtuvo información sobre los usos y formas de manejo del garambullo por medio de una encuesta (Anexo 1), que permitió conocer la manera y la profundidad del conocimiento de la población y el aprovechamiento que hacen de este recurso. Se incluyó una lista con todas las partes de la planta que son aprovechadas, y las características que de éstas son preferidas. Se aplicaron a una muestra aleatoria de 20% de las unidades familiares. Se incluyeron preguntas sobre la percepción y significado cultural de la variación morfológica, formas de uso y manejo de variantes, así como acerca de los procesos de selección y los mecanismos bajo los cuales se lleva a cabo. Los resultados se sistematizaron con métodos descriptivos.

Estudios morfométricos

Se hicieron muestreos en cada población con el fin de determinar la densidad de la especie, utilizando cuadros de 500m². Se eligieron 30 individuos reproductivos por población, los cuales se marcaron con el fin de distinguirlos fácilmente en posteriores visitas al sitio. Se analizaron 26 caracteres morfológicos, diez de ellos de partes vegetativas y el resto de flores, frutos y semillas (Tabla 2). Se hicieron de tres a cinco mediciones por carácter evaluado en cada individuo, con el fin de obtener una medida promedio. Las flores fueron conservadas y depositadas en envases de plástico con etanol al 70%, mientras que los frutos se colectaron en bolsas de plástico, las cuales se almacenaron en una hielera a fin de preservarlos.

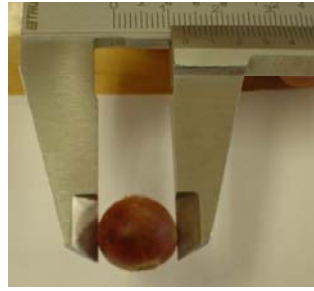
Las mediciones de partes vegetativas se realizaron directamente en campo. La biomasa se estimó como el volumen de un cono truncado $v = \pi h/3 (R^2 + Rr + r^2)$, donde h es la altura, medida con un estadal, R es el diámetro de la copa, calculado como el promedio de dos mediciones perpendiculares en dirección norte-sur y este-oeste, y r es el diámetro del tronco medido con una forcípula. El diámetro de las ramas se midió consistentemente en la parte media de las ramas y sólo se midieron aquellas ramas de un tercer nivel de ramificación. También se documentaron el número, ancho y profundidad de las costillas, así como la distancia entre aréolas en la parte media de la rama. Estas mediciones se hicieron con un calibrador. Las mediciones de flores y frutos se hicieron en el laboratorio mediante un calibrador. Para estimar el tamaño de los frutos se midió el diámetro y la longitud de los mismos y se calculó el volumen utilizando la fórmula de un cuerpo esferoide $v = 4/3 \pi a^2 b$, donde a es la mitad del diámetro transversal de los frutos y b es la mitad de la longitud. El sabor se analizó como el porcentaje de azúcar en los frutos (° Brix), que fue medido con un refractómetro portátil Atago (0-32 ° Brix), y el grado de acidez de la pulpa se estimó como el pH de la pulpa, medido con un potenciómetro Denver Instrument Modelo 215 (Figura 4).

Tabla 2. Caracteres morfológicos que se evaluaron en las poblaciones de *Myrtillocactus schenckii*.

Caracteres	Método de medición	unidades
Longitud tubo floral	Calibrador	cm
Diámetro máx. corola	Calibrador	cm
Longitud tépalos	Calibrador	cm
Longitud estigma	Calibrador	cm
No. lóbulos estigma	Conteo con microscopio estereoscópico	número
Longitud estilo	Calibrador	cm
Longitud pericarpelo	Calibrador	cm
Diámetro pericarpelo	Calibrador	cm
Diámetro nectario	Calibrador	cm
Longitud nectario	Calibrador	cm
Longitud ovario	Calibrador	cm
Diámetro ovario	Calibrador	cm
No. óvulos	Conteo microscopio estereoscópico	número
Diámetro ramas	Calibrador	cm
No. costillas x rama	Conteo	número
Ancho costillas	Calibrador	cm
Profundidad costillas	Calibrador	cm
Distancia entre areólas	Calibrador	cm
Biomasa	Vol. Cono trucado	m ³
Peso fruto	Balanza analítica	g
Volumen fruto	Vol. esferoide	cm ³
Peso semilla	Balanza analítica	mg
No. semillas	Conteo con microscopio estereoscópico	número
Productividad de frutos	Conteo promedio de cinco ramas	no. de frutos
Contenido de azúcar en frutos	Refractómetro	° Brix
Sabor de los frutos	Potenciómetro	pH



a



b



c



d



e

Para ver esta película, debe disponer de QuickTime™ y de un descompresor TIFF (LZW).

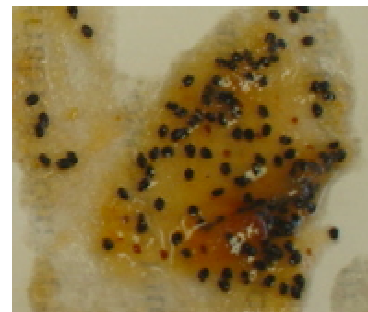
f



g



h



i

Figura 4. Medición de partes vegetativas y reproductivas: a) pesando los frutos, b) midiendo los frutos, c) usando el refractómetro, d) cosechando los frutos, e) disección de las flores, f) contando los óvulos, g) estimando la productividad de frutos por rama, h) cosechando las flores, i) contando el número de semillas.

Análisis de Datos

Se hicieron los análisis de varianza (ANDEVA) de una vía para cada uno de los caracteres tanto a nivel de población como por tipo de manejo, agrupando las poblaciones, con el fin de apreciar con mayor detalle el estado de la variación entre las ocho poblaciones y entre los tres tipos de manejo definidos (silvestres, manejadas *in situ* y cultivadas). Estos análisis estuvieron dirigidos a observar tendencias en la variación de acuerdo con el tipo de manejo y así corroborar la consistencia de los resultados con los obtenidos por medio de métodos multivariados. En todos los casos la prueba de comparación múltiple que se realizó fue el método de máximas diferencias significativas de Tukey al 95% de confianza (Sneath y Sokal, 1973). Estos análisis se realizaron mediante el programa JMP (JMP-SAS Institute, 1996).

También se realizaron análisis multivariados (Análisis de Conglomerados, Análisis de Componentes Principales y Análisis de Funciones Discriminantes), con el fin de clasificar tanto a los individuos como a las poblaciones estudiadas de acuerdo con su similitud morfológica en general y analizar si las similitudes o divergencias están asociadas al tipo de manejo e identificar los caracteres que más contribuyen a la similitud o disimilitud. Se efectuaron diferentes tipos de análisis con el fin corroborar la consistencia de los patrones obtenidos. Para cada uno de los caracteres medidos por individuo se construyó una matriz básica de datos, en la que cada carácter se consideró como una variable y cada uno de los individuos se consideró como una unidad taxonómica operacional (UTOs) o unidad de clasificación. También se construyó una matriz con los datos promedio de cada carácter por población. En este caso las poblaciones fueron las UTOs.

Con el objetivo de amortiguar los efectos de las diferentes escalas y unidades de medida en cada variable y del tipo de variables (continuas como discretas), la matriz básica de datos originalmente construida con los promedios por individuo y por población, fue posteriormente estandarizada mediante el algoritmo $Y' = (Y - a)/b$, en donde Y' es el valor estandarizado de un carácter morfológico, Y es el

valor real de dicho carácter, **a** es su valor promedio y **b** es su desviación estándar (Rohlf, 1993).

Mediante el Análisis de Conglomerados se evaluó la similitud morfológica a nivel de población, entre las 8 poblaciones estudiadas. Este análisis permitió visualizar la similitud y/o disimilitud morfológica de las poblaciones, de acuerdo con el tipo de manejo al que se encuentran sujetas. Se calculó la disimilitud entre individuos y entre poblaciones mediante el coeficiente Distancia Euclidiana. La matriz de distancias euclidianas posteriormente se analizó mediante el método de la media aritmética no ponderada (UPGMA, por sus siglas en inglés de Unweighted Pair Groups Method of Analysis, Fry, 1993). Se utilizó el programa Numerical Taxonomy System (NTSYS) versión 1.8 (Rohlf, 1993).

El Análisis de Componentes Principales permitió visualizar la consistencia de los patrones de similitud morfológica referidos arriba e identificar las variables que tienen mayor contribución para explicar los patrones de variación. A partir de la matriz estandarizada se calculó una matriz de correlación entre variables, con base en la cual se calcularon los eigenvectores, los cuales permitieron identificar los caracteres más importantes para la diferenciación morfológica en cada uno de los componentes principales. También se calcularon los eigenvalores con el fin de evaluar la cantidad de variación que explican los primeros tres componentes principales. Los eigenvectores se multiplicaron por la matriz estandarizada para calcular una matriz de proyección, con base en la cual se graficaron los individuos en el espacio de los dos primeros componentes. Se utilizó el programa Numerical Taxonomy System (NTSYS) versión 1.8 (Rohlf, 1993).

El Análisis de la Función Discriminante se realizó con el fin de probar la significancia de las diferencias morfológicas entre las poblaciones agrupadas por tipo de manejo. Este análisis es pertinente cuando se analizan grupos "*in situ*" no controlados experimentalmente y más de una variable. El análisis permite identificar la proporción de individuos de un grupo que se parecen a la mayor parte de los

individuos que componen ese grupo, así como la proporción de individuos que se parece a los del otro grupo. En el caso estudiado, este análisis permite identificar qué tantos individuos silvestres se parecen a la mayor parte de los silvestres y qué tantos se parecen a los manejados y a los cultivados. Permite también un ordenamiento de los individuos con base en su similitud de acuerdo con sus funciones discriminantes. Para evaluar las diferencias entre las poblaciones se realizó una prueba de análisis de varianza multivariada (MANOVA), usando la prueba estadística Lambda de Wilks. Se utilizó el programa JMP (JMP-SAS Institute, 1996).

Finalmente se calcularon los índices de diversidad morfológica (*DM*) con base en el índice de diversidad de Simpson. Este se define como $D=1-\sum_{i=1}^s(p_i)^2$ donde p_i es la proporción del número total de individuos muestreados en una población representando el i ésimo estado del carácter morfológico y s es el número de estados del carácter morfológico en cuestión. Para calcular el índice *DM*, primeramente se calcularon las frecuencias de los diferentes estados de cada carácter por población (número de individuos con determinado estado de carácter). Para lograrlo, los caracteres cuantitativos fueron transformados en variables cualitativas multiestado. Esta transformación consistió en asignar clases discretas a rangos de los caracteres cuantitativos significativamente distintos entre sí, de acuerdo con los análisis de varianza de una vía efectuados para cada carácter cuantitativo entre todas las poblaciones de cada especie. Este procedimiento se hizo siguiendo el método utilizado por Casas *et al.* (2006) y Blancas *et al.* (2006).

Los intervalos significativamente distintos fueron calculados con base en pruebas de rango múltiple de Tukey. Los estados cualitativos fueron definidos a partir del límite inferior de un determinado intervalo al límite inferior del siguiente intervalo significativamente distinto. El número total de estados de cada carácter por población fue así definido y la frecuencia de cada estado por población se calculó, como se indicó arriba, para los caracteres cualitativos. Se calculó el valor de diversidad de cada carácter y el promedio de estos valores se consideró índice promedio de diversidad morfológica (*DM*) por población. Finalmente se aplicó un análisis de varianza de una vía a fin de

determinar si las diferencias encontradas son significativas, mediante el programa JMP (JMP-SAS Institute, 1996).

CAPÍTULO III RESULTADOS

Etnobotánica

Las encuestas permitieron establecer que el garambullo es un recurso ampliamente aprovechado, en virtud de que la totalidad de los encuestados usan o han usado alguna de sus partes. Una gran mayoría (81%) reconoce dos tipos de garambullo presentes en la zona de acuerdo con el tono de la coloración de sus tallos, el “garambullo blanco” (*Myrtillocactus geometrizans*) y el “garambullo verde” (*M. schenckii*). El (19%) reconoce sólo un tipo de garambullo, que es el verde, ya que es el que se distribuye en los alrededores de las comunidades estudiadas (Figura 5).

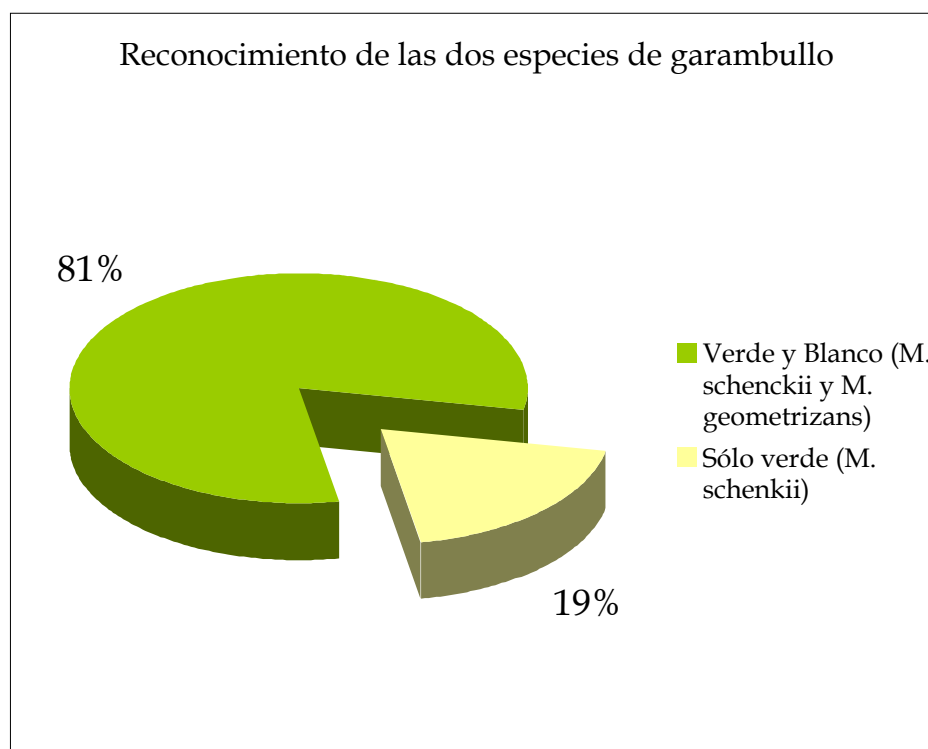


Figura 5. Reconocimiento de las dos especies de *Myrtillocactus* que se distribuyen en la zona, por los campesinos de San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec, Puebla .

Otros rasgos que utiliza la gente para diferenciar a las especies de garambullo son la cantidad y el largo de las espinas en los tallos. En general reconocen a *M. schenckii* como el más espinoso y el que presenta mayor longitud en las espinas. El color de los frutos, así como su densidad en los tallos son otras características usadas para diferenciarlos. *M. schenckii* produce frutos de color vino o “rojizo” y una mayor densidad de frutos por rama, mientras que *M. geometrizzans* presenta frutos “azulados” y una menor densidad en las ramas.

Finalmente, la gente reconoce que la distribución de ambos tipos de garambullo está fuertemente asociada a ciertas condiciones climáticas, topográficas y edáficas. A *M. schenckii* se le asocia a lugares con temperaturas relativamente más frescas, de mayor altitud, con pendientes pronunciadas y preferentemente con suelos de color amarillo. Por su parte *M. geometrizzans*, se asocia a lugares más secos, con temperaturas más cálidas, en lugares planos o con pendientes muy someras y en suelos de color blanco.

Partes Aprovechadas

Todos los encuestados mencionaron que aprovechan los frutos como alimento y la mayor parte (81%) dijo aprovechar, además de los frutos, otras partes de la planta así. Un 71% refiere que aprovecha además las raíces y los tallos y un 19% además de éstos dos últimos, ocupan la planta en su totalidad (Figura 6).

Todos los encuestados mencionaron que aprovechan los frutos como alimento, mientras que el 86% dijo usar los tallos y el 67% las raíces como leña cuando se han secado. Una parte de los entrevistados (19%) ocupa la planta completa con propósitos rituales. Para ello extraen plantas pequeñas en poblaciones silvestres o manejadas y las transplantan para preparar altares en días de festividades religiosas (fiestas patronales,

navidad, etc.). Estos altares son conocidos localmente como “montañitas” e incluyen buena parte de la diversidad de plantas ornamentales que se conservan en los huertos y solares campesinos.

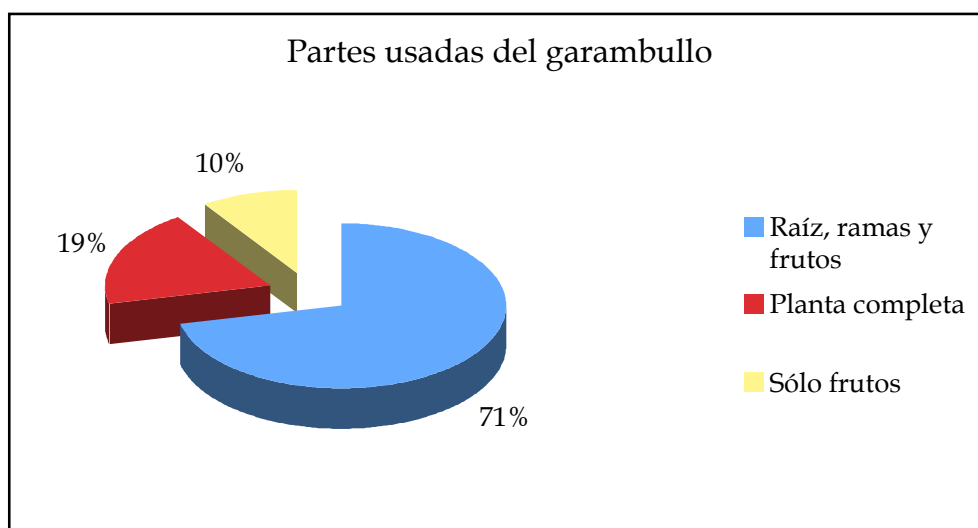


Figura 6. Partes aprovechadas del garambullo.

En menor medida se hace mención a su uso como forraje, ya que sólo un 5% reconoció que la planta completa cuando es tierna se la come el ganado; aunque el resto de los encuestados afirma que no tiene vocación de planta forrajera, debido a la gran cantidad de espinas en su tallo, razón por la cual afirman que “ni los chivos se la comen”. Otro 5% de los encuestados afirmó haber usado los tallos secos para alguna labor en casa como la construcción de trancas para animales domésticos.

En general la mayoría de los encuestados (71%) afirma que el garambullo verde no ha tenido otros usos en el pasado aparte de los anteriormente referidos y el resto lo desconocen.

Aprovechamiento de las raíces

Para aquellos que aprovechan las raíces, el 100% las ocupa como combustible. Aunque le atribuyen una alta calidad a la leña de garambullo, su uso es

escaso en virtud de que se extrae de plantas muertas a las que hay que dejar secar entre uno y dos años para poder utilizarla con este fin. Por ello el consumo de la leña de garambullo es difícil de estimar por unidad familiar, ya que está sujeta a que las plantas mueran o como se refieren los campesinos “se sequen de su motivo”. De todos los entrevistados, el 16% colecta las raíces para consumo familiar y sólo el 8% lo hace para venderla (\$7.00 la “brazada”). El resto no las recolecta o sólo ocasionalmente lo hace cuando se encuentra con plantas secas en el monte. La mayoría (75%) refirió que la colecta de esta leña la puede hacer cualquiera de los integrantes de la familia (mujeres, hombres y niños) y sólo un 25% mencionó que esta actividad es exclusiva de los hombres.

Aprovechamiento de las ramas

El principal uso que se le da a las ramas es también como leña, y la gran mayoría de los entrevistados (90%), dijo usar las ramas secas del garambullo como combustible. Aunque se reconoce su buena calidad como combustible, esta especie no está exenta de problemas tanto para su recolección como para su aprovechamiento. Por ejemplo, la gran cantidad de espinas representa un inconveniente cuando se va a recolectar, por lo que los recolectores dijeron que es indispensable “pelar” las ramas a fin de dejar las partes leñosas del tallo. Otro factor limitante para su uso es la resina que contienen los tallos, los cuales si no están completamente secos, al arder desprenden un humo negro muy irritante. Por esta razón se recomienda dejar secar por una temporada la leña antes de usarse. Sin embargo, debido a la escasez de leña en la zona, normalmente no se cumple con esta recomendación. Al igual que las raíces, las ramas o tallos usados como leña se extraen de plantas muertas y es una actividad que generalmente la hacen los hombres (según el 48% de los entrevistados), aunque pueden participar también cualquier miembro de la familia (según el 33%).

El volumen de extracción de leña de esta especie es difícil de calcular, ya que su disponibilidad está dada por la cantidad de plantas que mueren, lo que varía considerablemente año con año. Además, los campesinos no se dedican exclusivamente

a buscar leña de garambullo, por lo que sólo el 33% de los entrevistados refieren *grosso modo* un volumen de extracción de una carga de leña de esta especie al año.

La mayoría de la gente que recolecta las ramas para combustible dijo hacerlo en el monte (76%), mientras que un 10% dijo hacerlo tanto en el monte como en las parcelas y un 10% sólo en las parcelas. El 38% consideró que no existen diferencias en las ramas de garambullo del monte con respecto a las de las parcelas. Contrariamente, el 57% consideró que las ramas de las plantas del monte son más grandes y gruesas, en virtud de ser las más longevas, aunque no consideraron que tales diferencias se deban a la forma de manejo.

Sobre el uso de las flores

La totalidad de los entrevistados mencionó que no colectan las flores y que éstas no tienen ningún uso. Refieren además que no tienen antecedentes que las flores de esta especie se hayan usado en el pasado como alimento, como es el caso de las flores de *Neobuxbaumia tetetzo* o las de *Myrtillocactus geometrizans* (Casas *et al.* 2001; Pardo, 2001). Coincidieron todos en que el período de floración es de diciembre a abril, aunque el 25% de los encuestados afirmó que el mes de marzo es el de mayor producción de flores. También, el 24% de los entrevistados reconoció que existe un continuo en la producción floral de noviembre hasta agosto. En cuanto a las diferencias en el tamaño de las flores por estatus de manejo, el 95% de los entrevistados dijo no reconocer ninguna. Sólo el 5% consideró que son más grandes las del monte debido a diferencias en el tipo de suelo.

Aprovechamiento de los frutos

Los frutos son el principal producto de aprovechamiento del garambullo, y la totalidad de los encuestados los ha consumido, ya sea frescos o secos en forma de “pasitas”. Por lo que cuando fructifica todos dijeron dedicar un poco de su tiempo a la recolección de frutos, ya sea para consumirlos en el campo (así lo afirmó el 33%) o para llevarlos a la casa (de acuerdo con el 62% de los entrevistados). Una de las razones para

consumirlos directamente en el campo es que son frutos muy frágiles y llegan muy maltratados a la casa, ya que a menudo con el calor pueden comenzar a fermentarse. Es importante hacer notar que la totalidad de los entrevistados dijo no comercializarlos, como algunos lo hacen con los frutos de otras cactáceas locales como la “pitahaya” (*Hylocereus undatus*), “pitaya” (*Stenocereus pruinosus*) y el “xoconostle” (*Stenocereus stellatus*). En general la gente afirmó que aunque los junten para otras personas, familiares o amigos, nunca los venden.

Entre los entrevistados hubo un consenso general en reconocer que el periodo de disponibilidad de frutos es de abril a junio y en que las fluctuaciones climáticas determinan una buena o mala cosecha de frutos. Por ejemplo, sostienen que si el año anterior a la cosecha hubo sequía, los frutos a cosechar van a ser dulces. También afirman que cuando las lluvias se adelantan y coinciden con el comienzo de la fructificación, los frutos resultarán insípidos. Dicen además que cuando los frutos se “maduran de calor”, esto es que tienen la coloración de maduros, pero en realidad no lo están, la pulpa es insípida y seca, y no los comen.

También refirieron que cuando la lluvia es abundante en años consecutivos, hay mayor producción de frutos por individuo, que cuando el patrón de lluvias se retrasa o cuando la lluvia es escasa. Una de las maneras de referirse a esta situación es que “habrá mucha fruta porque el garambullo está cargado de su lado”, lo que hace alusión a que la producción tanto de flores como de frutos no es uniforme en la planta, sino que al parecer está influenciada por la cantidad de radiación solar a la que se encuentre expuesta. Por lo general, las ramas que están orientadas en dirección al sur son las más productivas, y la gente reconoce como un indicador de buena cosecha la cantidad de frutos presentes en tales ramas.

La percepción de la gente, sobre los volúmenes de colecta es muy variable. Por ejemplo, el 28% de las personas entrevistadas afirmó que no tiene una estimación de esto debido a que siempre los consume en el campo y no los lleva a la casa. Un 14% de la gente lo estimó de acuerdo con la ocasión, cuando tienen “antojo”, el 38% de los

entrevistados dijo que consume lo equivalente a 0.5 o 1 litro en volumen. Otros (19%) afirmaron que colectan lo equivalente a 2 litros y finalmente un 9% dijeron que colectan cerca de 3 litros.

En cuanto a los sitios de colecta, el 38% de los entrevistados afirmó que recolecta al garambullo en el monte, pero la mayoría (52%) dijo no tener preferencia, pudiendo colectarlos en el monte, en las parcelas o en los huertos de forma indistinta y en función de la distancia. Sólo el 9% afirmó que prefiere juntarlos en los solares (Figura 7). Algunas de las razones para colectarlos en un sitio y no en otro tiene que ver con la densidad de la población. Por ejemplo, entre los que prefieren el monte afirman hacerlo debido a que hay mayor densidad de árboles ahí y, por lo tanto, aseguran una mayor colecta. En el caso de los que prefieren los solares, mencionaron que su preferencia se debe a la dificultad de llegar hasta los sitios de colecta en el monte, debido a que “está muy quebrado”, por lo que aunque sea en menor cantidad, pueden colectar los frutos de los garambullos que se encuentran en el pueblo.

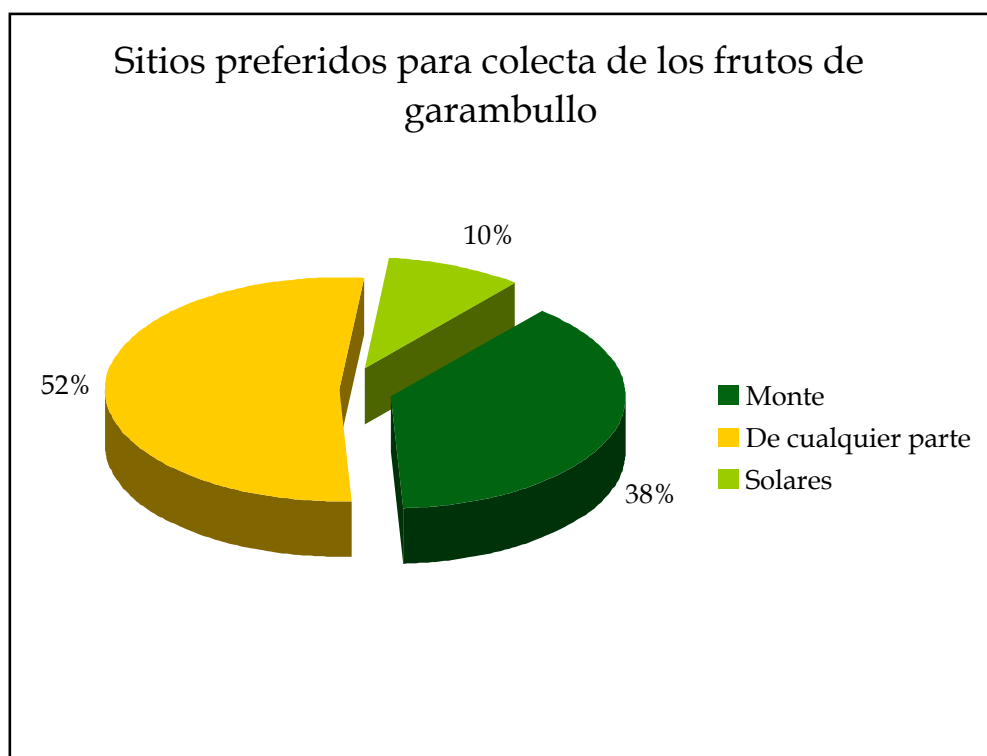
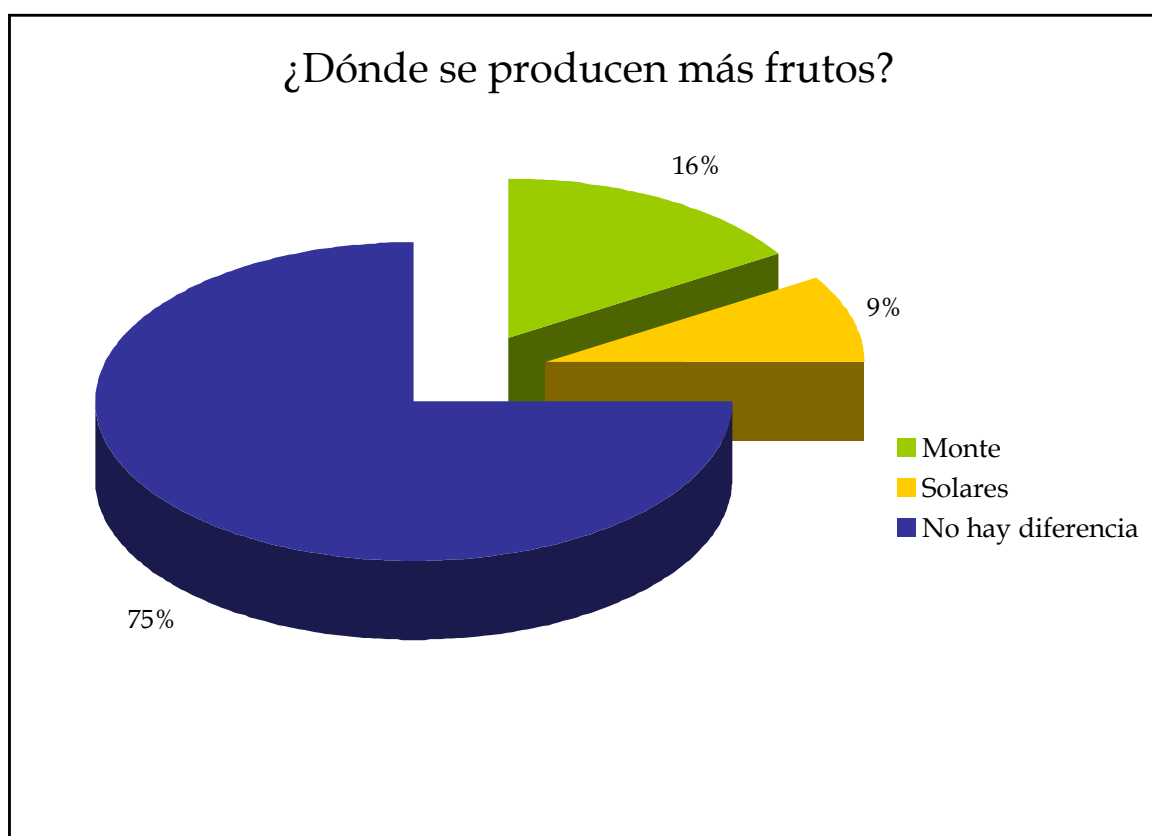


Figura 7. Sitios preferidos para la colecta de frutos de garambullo.

Es importante hacer notar que aproximadamente un tercio de los entrevistados (33%) afirmó tener un lugar preferido de colecta, mientras que el 66% dijo no tenerlo. Las personas que prefieren un lugar en particular identifican incluso a individuos ya sea porque producen frutos más dulces o porque son más productivos que otros. Entre las características que mencionaron para preferir un lugar sobre otro están, en orden de importancia, la calidad de los frutos, la cantidad de producción, la cercanía al poblado y la facilidad de la recolección, esto último se refiere a una preferencia explícita por aquellos lugares donde los árboles de garambullo no son muy altos.

La mayoría de los campesinos entrevistados, dijo no percibir diferencias en la cantidad de frutos producidos por individuo de garambullo en relación con el tipo de manejo a que están sometidos (75%). Sin embargo un 17% afirmó que son más productivos los individuos del monte y sólo un 9% dijo que aquellos que se encuentran en los solares producen mayor cantidad de frutos (Figura 8).

En cuanto al tamaño de los frutos por tipo de manejo, la mayoría de personas entrevistadas (83%) dijo no percibir diferencias. Sólo el 8% afirmó que son más grandes en los solares y otra proporción similar dijo que los del monte son los de mayor



tamaño. En lo que respecta al sabor de los frutos asociados al manejo, un 92% afirmó no percibir diferencias y sólo el 8% dijo que los frutos que se colectan en los solares son más dulces.

Figura 8. Percepción sobre diferencias en cuanto a productividad por sitio.

Al preguntar a los entrevistados qué características prefieren de los frutos de garambullo, un 38% dijo “que estén maduros”, un 29% dijo “que estén dulces”, un 14% los prefieren secos o en “pasitas”, un 10% dijo preferir “que sean jugosos” y el resto (10%) afirmó que ninguna en particular, ya que “de cualquier forma saben bien”. Algunos dicen que los que tienen muchas semillas tienen un sabor ligeramente ácido (Figura 9).

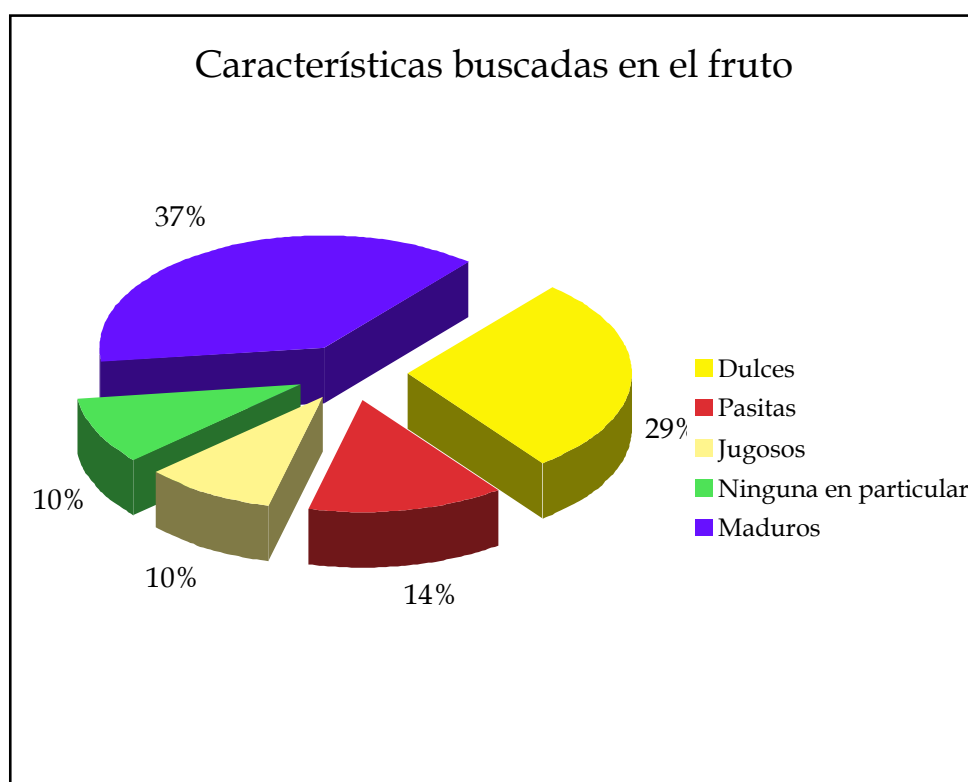


Figura 9. Principales características que se prefiere en la calidad del fruto de garambullo.

En cuanto al color de la pulpa, el 76% de los entrevistados afirmó no percibir diferencias, mientras que el 24% sostuvo que existen diferencias en el color,

pero que éstas se deben al grado de maduración de los frutos. Algunos de los entrevistados, dijeron que existen garambullos de pulpa naranja, aunque los más comunes son de color rojizo.

La cosecha de frutos es una tarea en la que cualquier miembro de la familia puede participar, como lo afirmó un 81% de los entrevistados. Sin embargo, debido a que el fruto es pequeño y delicado se tiene que dedicar mayor tiempo a su recolección, comparado con otras especies. Por esta razón, la recolección de frutos de garambullo constituye una de las actividades en las que más se involucran los niños, en virtud de que la colecta se convierte en un juego que plantea desafíos de eludir espinas, llegar a las ramas más altas y conseguir los frutos que desde abajo aparecen inalcanzables para los demás. Así, el 14% de los encuestados indica que la recolección de los frutos de garambullo es una actividad propia de los más pequeños.

Si bien el 86% de la gente entrevistada indicó que los frutos sólo se consumen frescos, el 14% dijo tener conocimiento de que con los mismos se pueden elaborar mermeladas o licores, aunque desconocen la forma de llevarlo a cabo y consideraron que de esta manera podría aprovecharse mejor la producción de frutos.

Cuando se les pidió caracterizar la importancia del consumo de frutos de garambullo en su dieta, la mayoría (57%) afirmó que tiene poca importancia ya que la duración de la fructificación es muy corta y la maduración de frutos es paulatina, por lo que la recolección implica la visita de varios lugares a fin de obtener un volumen considerable. El 29% consideró que tiene una importancia moderada, ya que aunque su recolección implica mucho trabajo, consideran que vale la pena porque el fruto es muy sabroso. El 14% consideró que es muy importante, ya que es de las primeras frutas en madurar al iniciar el ciclo agrícola, no tienen que invertir dinero para consumirlas y que el tiempo de recolección se justifica con la calidad del fruto (Figura 10).

Cuando se les cuestionó sobre si el consumo del garambullo era más importante en el pasado que en la actualidad, el 67% consideró que era igual y el resto, un 33%

consideró que fue más importante en el pasado, ya que, dijeron, “antes la gente vivía en el monte, por lo que el recurso estaba más disponible y al alcance”. También explicaron que la mayor importancia en el pasado se explica porque en la actualidad han sido desplazadas por otras frutas. Antes, según dijeron, el aislamiento debido a la falta de caminos, obligaba a los habitantes a ser autosuficientes en la medida de lo posible. También afirmaron que antes la mayoría de las personas se dedicaban al campo, ahora ya no, y que por lo tanto tenían mayor contacto con los productos derivados del monte.

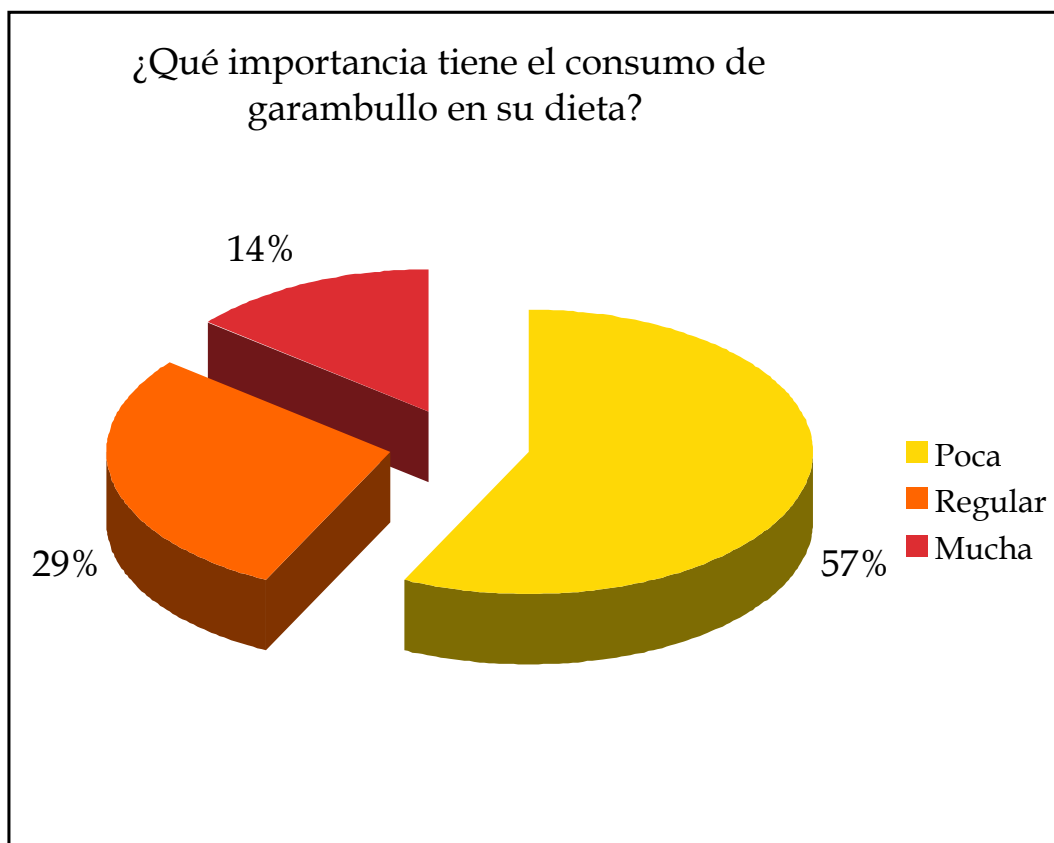


Figura 10. Importancia del consumo de frutos de garambullo en la dieta de los habitantes de San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec.

Un tema relacionado con el anterior lo abordó la pregunta dirigida a valorar el consumo de este fruto en la actualidad con respecto al pasado, el 43% de las personas consideró que es igual y que no ha sufrido variaciones, mientras que el 57% consideró que ha disminuido. Una de las razones más recurrentes para considerar que ha

decrecido su consumo es que los niños ya no salen con tanta frecuencia al campo. Al indagar otras razones por las que su consumo es menos frecuente, la mayor parte de la gente (76%) señaló que se trata de un fruto de difícil recolección, pues el fruto es frágil, los tallos son muy espinosos y se invierte mucho tiempo para un bajo rendimiento. Por el contrario, el 24% de los entrevistados consideró que es de fácil recolección ya que no se necesitan aditamentos para juntarlos, el fruto se puede tomar directamente con las manos ya que no presenta espinas y que incluso los que quedan secos en el suelo o “pasitas”, se pueden consumir sin necesidad de trepar por ellos (Figura 11).

Finalmente, al comparar el gusto por el garambullo con otros frutos de la región, el 43% de los entrevistados lo ubicó dentro de sus preferencias intermedias, un porcentaje similar lo consideró en los últimos lugares y sólo en el 14% lo consideró en el primer lugar de su preferencia.

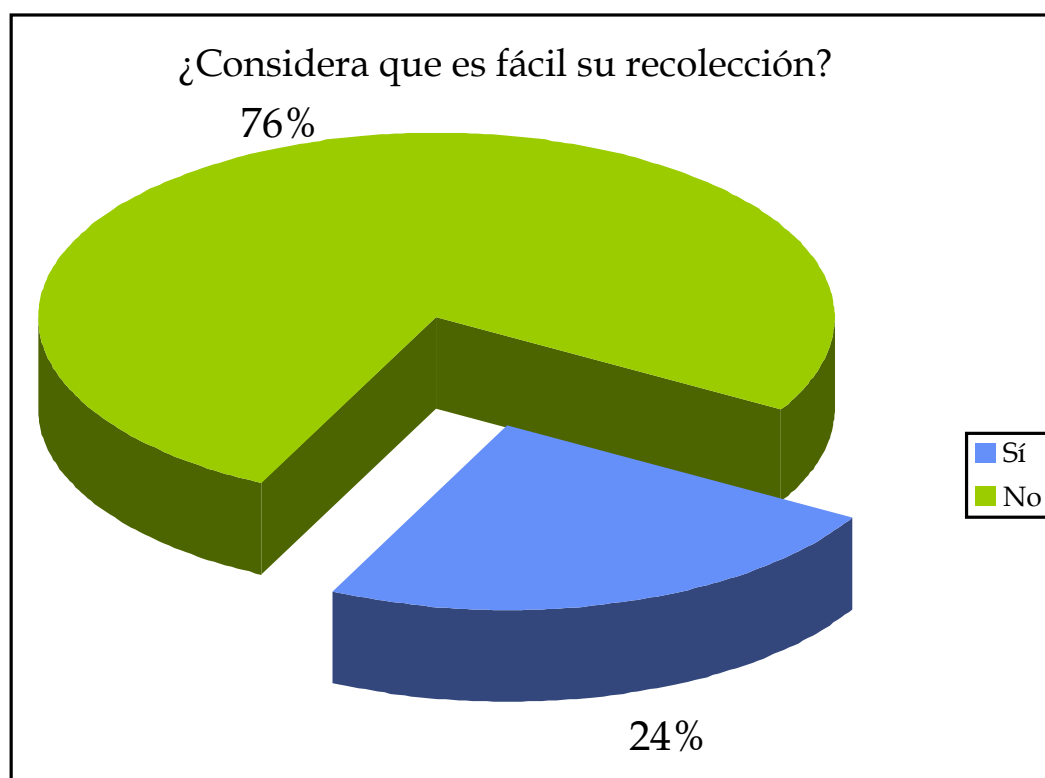


Figura 11. Opinión sobre la facilidad de recolección de los frutos de garambullo.

Sobre el uso de la planta completa

El 81% de los encuestados refirió que no colecta individuos completos para su transplante en los solares y sólo un 19% lo hace. De este último sector, el 67% recolecta del monte y el 33% de las parcelas. El criterio empleado en la selección de individuos es el vigor. El destino de los individuos colectados es siempre el solar campesino (Figura 12).

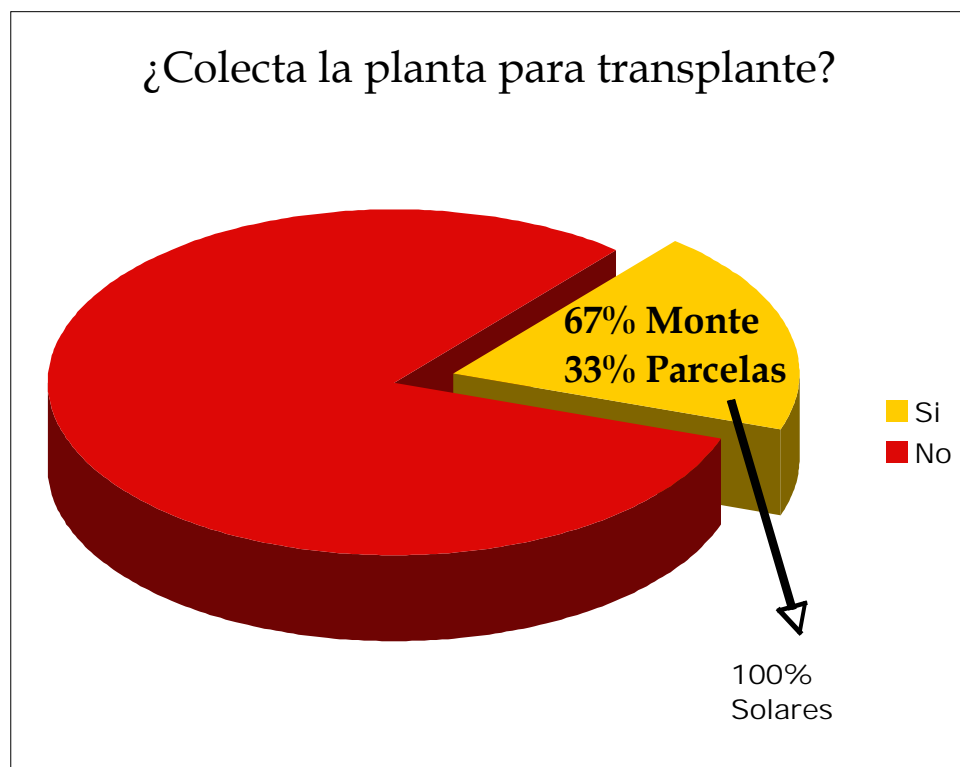


Figura 12. Proporción de entrevistados que practican el transplante de ramas de garambullo, sitios de colecta y destino de las mismas.

Los campesinos afirman que una de las limitantes para la plantación de garambullos es la dificultad de propagarlos vegetativamente. El 50% de los entrevistados sostuvo que las ramas no “pegan” al momento del transplante, mientras que según el 42% el garambullo sí tiene propagación vegetativa, pero no tan fácilmente como en otras especies de cactáceas columnares. Este grupo aseguró que el éxito de la propagación depende de que se dejen secar las ramas antes del transplante (Figura 13).

Sobre el manejo del garambullo

En cuanto a la tolerancia de garambullos cuando se abren terrenos para el cultivo de maíz, la mayoría de los campesinos entrevistados (83%) afirmó dejar en pie a los garambullos y sólo un 17% dijo que los elimina (Figura 14).

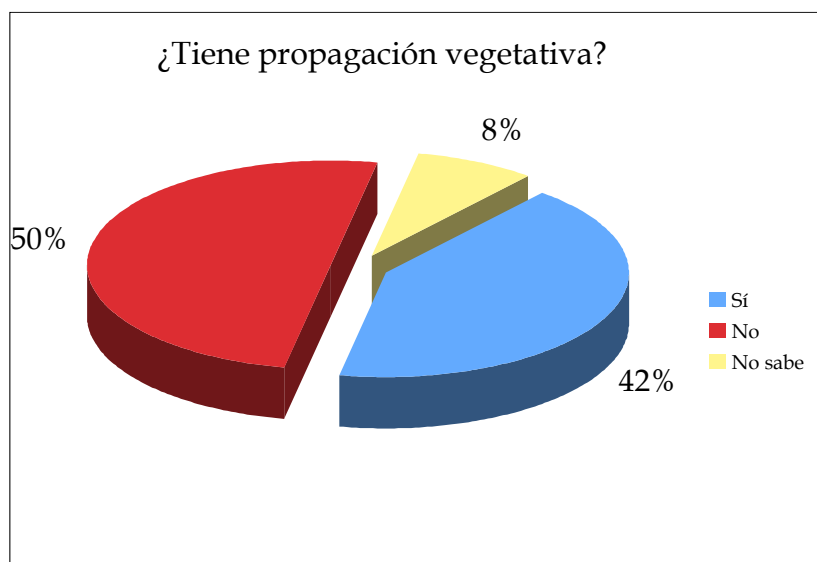


Figura 13. Conocimiento sobre la presencia de propagación vegetativa en el garambullo.

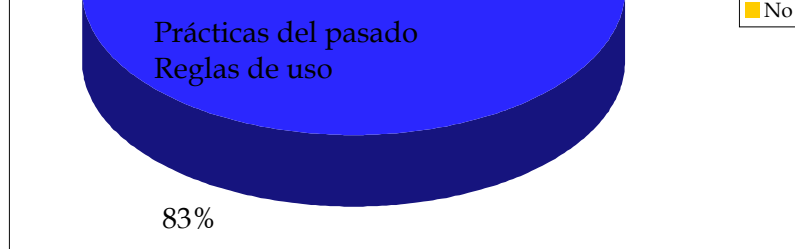


Figura 14. Toma de decisiones por parte de los campesinos al abrir un terreno de cultivo cuando se encuentran con plantas de garambullo.

Entre las razones que señalan los campesinos para conservar a los árboles de garambullo dentro de las parcelas abiertas al cultivo, están las siguientes: (1) Son útiles en la medida en que procuran sombra tanto a los campesinos como al ganado y a otros animales domésticos, (2) sirven como almacén de rastrojo (arcina), (3) la práctica de no tirar los árboles a la hora de abrir un terreno, constituye una herencia de prácticas agrícolas de sus antepasados, (4) existen reglas de uso que los propios campesinos han acordado, las cuales determinan que está prohibido tirar árboles sin permiso e injustificadamente y (5) de cualquier forma, la regla en la región indica que la gente está obligada a plantar nuevos garambullos si tira alguno, o bien debe transplantarlos a otro lugar, si desea removerlos de un sitio específico.

Los campesinos que no dejan en pie los garambullos cuando abren terrenos para el cultivo, argumentaron que éstos estorban para la milpa y que les quitan espacio para el cultivo. Además consideran que se justifica su remoción ya que no se afecta a la especie, pues en su opinión es abundante.

En relación con la percepción de la abundancia, el 67% de los encuestados consideró que el garambullo es un recurso que ahora es poco abundante, ya que hay más gente y por lo tanto mayor necesidad de tierra y, por consiguiente se necesita abrir más terrenos para cultivo, lo que disminuye el número de garambullos. Otra de las razones para considerarlo escaso es que la lluvia en los últimos años ha variado considerablemente, es más irregular y menos abundante. Aunado a esto dicen que la especie misma tarda mucho en crecer y que tiene algunas plagas como la “chicanela” (una mosca), la cual deposita sus huevos en los tallos y las oquedades que dejan son la entrada para hongos patógenos, por lo que al paso del tiempo los tallos se pudren y la planta se seca. Otra de las plagas es la “costra blanca”(cochinilla), la cual no mata a la planta, pero sí afecta la producción de frutos.

Si bien todos los entrevistados coinciden en que a los garambullos que se encuentran en los solares y en las parcelas no se les hace ningún tipo de labor, existe la

percepción de que se ven beneficiados en forma indirecta por algunas prácticas. Por ejemplo, en los solares donde el garambullo crece junto a la pitahaya (*Hylocereus undatus*), los campesinos notan plantas más vigorosas, en virtud de que se ven beneficiadas por el riego ocasional que se les provee en la temporada de secas. En el caso de las plantas de garambullo que se encuentran en las parcelas, muchos de los entrevistados refieren que también se benefician de prácticas como el barbecho, el deshierbe y el “arrime” de tierra.

Finalmente, también están concientes de las prácticas agrícolas nocivas para esta especie, como son el uso de agroquímicos, la eliminación de ramas de garambullo o de las plantas en su totalidad. Afirmaron que el uso de fertilizantes, incluso aquellos fertilizantes de origen animal, provoca que las plantas se sequen. El corte de ramas también puede provocar infecciones en la planta que derivan en su muerte y la eliminación de individuos completos se asocia a una pérdida en la capacidad de retención del suelo, sobre todo en lugares con pendientes pronunciadas.

Estudios morfométricos

Análisis de Agrupamiento (Cluster Analysis)

Mediante el análisis de agrupamiento, se determinaron las similitudes y disimilitudes que existen entre las ocho poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* de acuerdo con los 26 caracteres evaluados. El fenograma resultante de este análisis (Figura 15) muestra que las poblaciones Silvestre 1 (San Luis-Pico del Gavilán) y Silvestre 2 (San Luis-Garambullera) son similares entre sí y que se diferencian marcadamente del resto de las poblaciones, incluso de la población Silvestre 3 (Coatepec); siendo esta última la que presenta mayor disimilitud en el grupo silvestre.

Un segundo grupo lo constituye una mezcla entre las poblaciones manejadas y cultivadas. En este nivel podemos diferenciar a la población Silvestre 3 (Coatepec) y a la Cultivada 1 (San Luis), mientras que las tres poblaciones manejadas y

la Cultivada 2 (Coatepec), constituyen un grupo más definido, existiendo una marcada similitud entre las poblaciones Manejada 2 (San Luis-Garambullera) y Cultivada 2 (Coatepec).

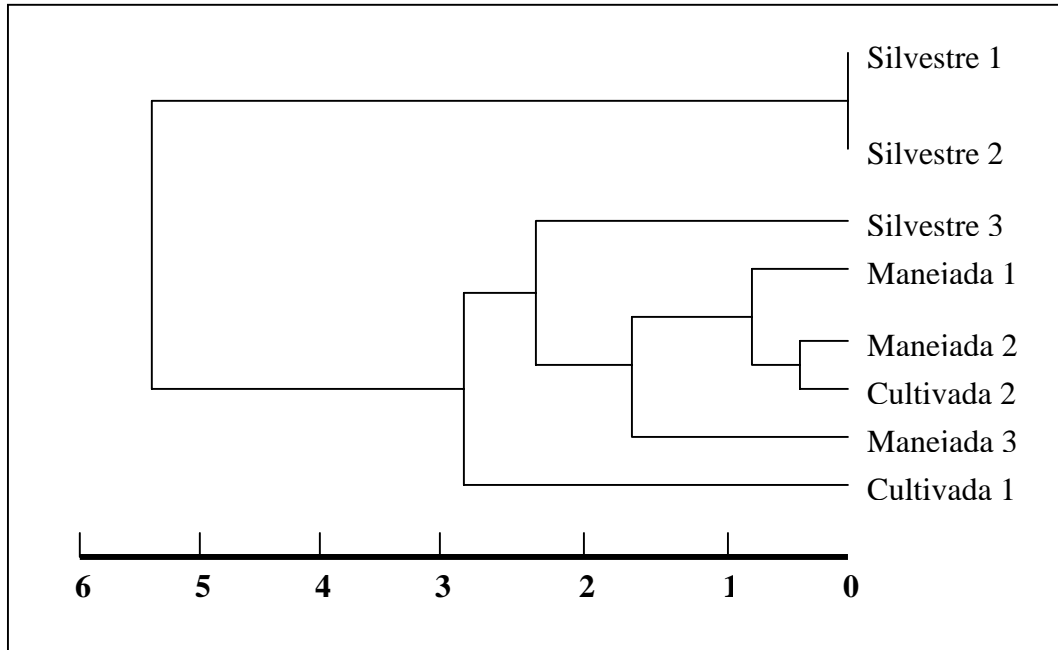


Figura 15. Clasificación de poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* resultante del Análisis de Conglomerados.

Análisis de Componentes Principales (PCA)

En la Tabla 3 se presenta la matriz de los eigenvalores, la cual permite establecer que los primeros tres componentes principales explican el 66.17% de la variación que se presenta entre las ocho poblaciones estudiadas.

Tabla 3. Matriz de eigenvalores a nivel de poblaciones.

<i>Componente Principal</i>	<i>Valores Eigen</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % Acumulado</i>
1	7.89	32.87	32.87
2	4.07	16.98	49.85
3	3.91	16.32	66.17

En la Tabla 4 se muestra la matriz de eigenvectores, en la cual se aprecia que los valores más altos, indicados en letras negritas, corresponden a aquellos caracteres que más contribuyen a explicar la variabilidad. Así, en el primer componente principal los caracteres que mayormente aportan son, de mayor a menor peso: ancho de la costilla, peso de la semilla, peso del fruto, diámetro del pericarpelo, longitud de los tépalos, número de semillas y volumen del fruto. En el segundo componente principal los caracteres que más aportan a explicar la variabilidad son, en el mismo orden: la productividad de los frutos por rama y la longitud del estigma. En el tercer componente principal el carácter con mayor peso es el diámetro máximo de la corola, seguido de la longitud del tubo floral y finalmente el número de óvulos.

Tabla 4. Matriz de eigenvectores a nivel de poblaciones.

<i>Caracteres</i>	<i>Componente Principal 1</i>	<i>Componente Principal 2</i>	<i>Componente Principal 3</i>
Longitud tubo floral	0.1581	0.0362	0.7997
Diámetro máx. corola	0.0363	0.0808	0.9070
Longitud tépalos	0.7826	0.4159	0.3846
Longitud estigma	0.5801	0.7172	0.1978
No. lóbulos estigma	0.4161	0.5347	0.2363
Longitud estilo	0.6252	0.5200	0.5653
Longitud pericarpelo	0.1898	0.0873	0.1385
Diámetro pericarpelo	0.8354	0.3525	0.3571
Diámetro nectario	0.1856	0.5879	0.1756
Longitud nectario	0.5557	0.5191	0.1268
Longitud ovario	0.5840	0.1763	0.1914
Diámetro ovario	0.2342	0.0844	0.2114
No. óvulos	0.3303	0.0574	0.7799
Diámetro ramas	0.3246	0.3090	0.6803
No. costillas x rama	0.5654	0.5298	0.2356
Ancho costillas	0.9503	0.1447	0.1988
Profundidad costillas	0.5848	0.4517	0.3423
Distancia entre areólas	0.3521	0.3895	0.1902
Biomasa	0.3970	0.3207	0.2371
Peso fruto	0.8639	0.3549	0.3236
Volumen fruto	0.7725	0.4965	0.3187
Peso semilla	0.8712	0.2148	0.0978
No. semillas	0.7791	0.1685	0.1585
Productividad de frutos	0.3285	0.8562	0.0307
° Brixs de la pulpa	0.1595	0.2314	0.1834
pH de la pulpa	0.3214	0.1264	0.3102

La Figura 16 muestra una proyección bidimensional de los componentes principales 1 y 2, en donde la distancia entre las posiciones que ocupan las poblaciones es una medida de su similitud, por lo que de acuerdo con la matriz de eigenvalores (Tabla 3), representa casi el 50% de la variación que expresan los componentes principales 1 y 2. Así, las poblaciones Cultivada 1 (San Luis) y Cultivada 2 (Coatepec) se

agrupan claramente diferenciadas de las silvestres y manejadas, ocupando la parte superior izquierda de la gráfica. En la parte derecha central de la gráfica se agrupan las silvestres 1 (San Luis-Pico del Gavilán) y 2 (San Luis-Garambullera) junto con la Manejada 1 (San Luis-Tocotín). Un tercer grupo dominado por las manejadas lo conforman la Manejada 2 (San Luis-Garambullera) y Manejada 3 (Coatepec) junto con la Silvestre 3 (Coatepec), ocupando la parte inferior izquierda de la gráfica.

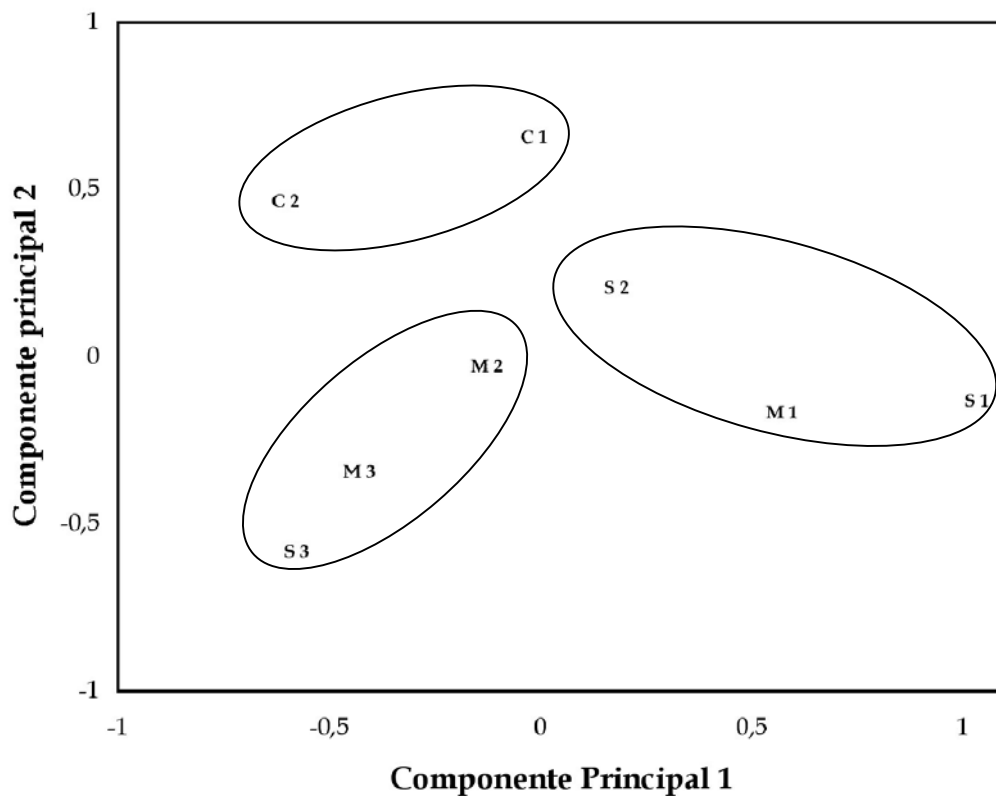


Figura 16. Primer y segundo componentes principales.

Al analizar la similitud a nivel de individuos, en la Tabla 5 se presenta la matriz de los eigenvalores, la cual permite establecer que los primeros tres componentes principales explican el 86.89% de la variación que se presenta en los 240 individuos estudiados.

Tabla 5. Matriz de eigenvalores a nivel de individuos.

<i>Componente Principal</i>	<i>Valores Eigen</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % Acumulado</i>
1	14.22	59.27	59.27
2	4.98	20.76	80.04
3	1.64	6.85	86.89

En la Tabla 6 se muestra la matriz de eigenvectores, en la cual se aprecia que los valores más altos, indicados en letras negritas, corresponden a aquellos caracteres que más contribuyen a explicar la variabilidad y en general son consistentes con los reportados en el análisis por poblaciones de la Tabla 4. Así, en el primer componente principal los caracteres que mayormente aportan son, de mayor a menor: ancho de la costilla, peso de la semilla, peso del fruto, diámetro del pericarpelo, longitud de los tépalos, número de semillas y volumen del fruto. En el segundo componente principal el carácter que más aportan a explicar la variabilidad es la productividad de los frutos por rama. En el tercer componente principal los caracteres que mayormente aportan son el diámetro máximo de la corola, longitud del tubo floral, número de óvulos, diámetro de las ramas y longitud del estilo.

Cuando analizamos la similitud a nivel de todos los individuos de las distintas poblaciones muestreadas, de acuerdo con la Figura 17, no se aprecia un patrón claro de agrupamiento, habiendo un marcado traslape de individuos de poblaciones con distinto tipo de manejo, aunque los individuos silvestres predominan en la parte superior de la gráfica, los individuos cultivados en la parte baja y los manejados en la parte central de la gráfica. Lo que sugiere que el segundo componente, en el que la productividad de frutos por individuo es el carácter de mayor peso, contribuye más a esta tendencia de agrupamiento.

Tabla 6. Matriz de Eigen Vectores a nivel de individuos.

<i>Caracteres</i>	<i>Componente Principal 1</i>	<i>Componente Principal 2</i>	<i>Componente Principal 3</i>
Longitud tubo floral	-0.0563	0.0179	0.4040
Diámetro máx. corola	-0.0129	-0.0400	0.4582
Longitud tépalos	-0.2785	0.2059	0.1943
Longitud estigma	-0.2065	0.3552	-0.0999
No. lóbulos estigma	-0.1481	0.2648	-0.1193
Longitud estilo	0.2225	-0.2575	0.2856
Longitud pericarpelo	-0.0675	-0.0432	0.0699
Diámetro pericarpelo	0.2974	0.1745	-0.1804
Diámetro nectario	-0.0660	-0.2912	-0.0887
Longitud nectario	0.1978	-0.2571	-0.0640
Longitud ovario	-0.2079	-0.0873	0.0967
Diámetro ovario	0.0833	-0.0417	-0.1067
No. óvulos	0.1176	0.0284	-0.3940
Diámetro ramas	-0.1155	0.1530	0.3437
No. costillas x rama	-0.2012	0.2624	-0.1190
Ancho costillas	-0.3383	0.0716	0.1004
Profundidad costillas	0.2081	0.2237	0.1729
Distancia entre areólas	0.1253	0.1929	-0.0960
Biomasa	0,1413	0.1588	0.1198
Peso fruto	0.3075	0.1757	0.1634
Volumen fruto	0.2750	0.2459	0.1610

Peso semilla	-0.3101	-0.1063	-0.0494
No. semillas	0.2773	-0.0834	0.0800
Productividad de frutos	0.1169	0.4241	-0.0155
° Brix de la pulpa	0.0635	0.0734	-0.0236
pH de la pulpa	0.0873	0.1078	-0.0483

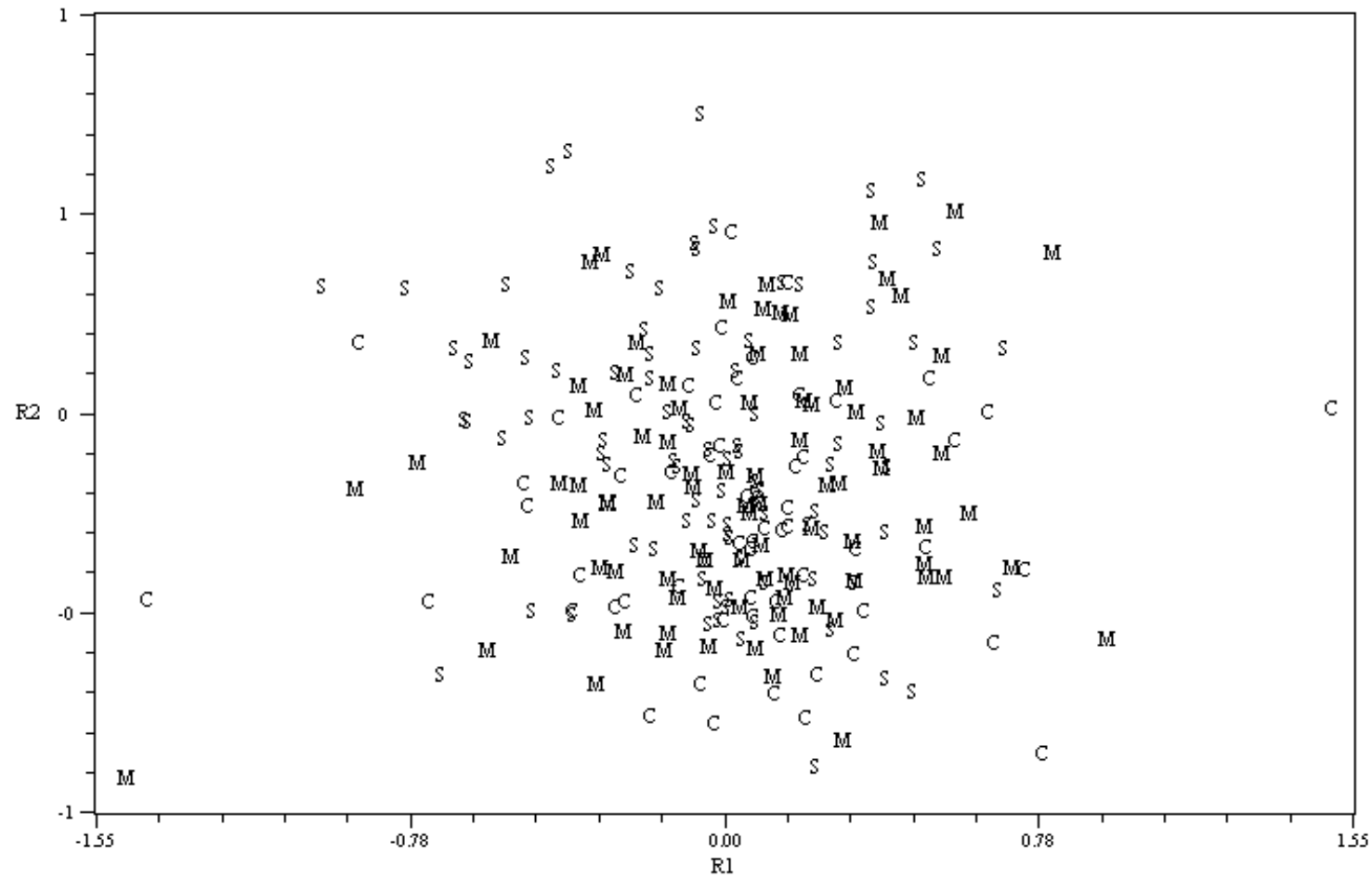


Figura 17. Patrón de variación morfológica entre individuos. Distribución de individuos silvestres (S), manejados in situ (M) y cultivados (C) de *Myrtillocactus schenckii* en los componentes principales 1 y 2.

Análisis Discriminante

Se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones estudiadas agrupadas por tipo de manejo (Tabla 7). En la Tabla 8 se presenta la clasificación de los fenotipos dentro de los grupos predichos y reales, mostrando que más del 70% de los individuos clasificados como silvestres presentan características propias del grupo silvestre real; mientras que aproximadamente el 21% de los manejados *in situ* y cerca del 7% de los cultivados reales tienen semejanza con el grupo silvestre. A su vez el grupo predicho de los manejados *in situ* incluyó cerca del 72% de los manejados *in situ* reales, al 27% de los silvestres y cerca del 7% de los cultivados. Finalmente, el grupo predicho de los cultivados incluyó cerca del 87% de los cultivados reales, así como cerca del 7% de manejados *in situ* y cerca del 3% de los silvestres reales.

Tabla 7. Resultados del Análisis Discriminante.

<i>Función Discriminante</i>	<i>Eigen Valor</i>	<i>Porcentaje Relativo</i>			<i>Correlación Canónica</i>
1	1.426	66.08			0.767
2	0.381	33.92			0.525
<i>Funciones Derivadas</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	X^2	<i>F</i>	<i>G.L.</i>	<i>Significancia</i>
0	0.230	256.960	6.955	48	0.000000
1	0.723	68.649		23	0.000002

Tabla 8. Clasificación de los individuos con base en el Análisis Discriminante.

<i>Grupo real</i>	<i>Grupos predichos</i>							
	Silvestre		Manejado		Cultivado		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Silvestre	54	70.12	21	27.27	2	2.59	77	100
Manejado	19	21.11	65	72.22	6	6.66	90	100

Cultivado	4	6.66	4	6.66	52	86.66	60	100
-----------	---	------	---	------	----	--------------	----	-----

En la Figura 18 se muestra el agrupamiento de los individuos estudiados de acuerdo con el puntaje definido por la primera y segunda funciones discriminantes y pueden apreciarse de manera muy clara los grupos formados de acuerdo con el tipo de manejo de la población de la que provienen. La mayor parte de los individuos cultivados se encuentran ubicados en la parte izquierda de la gráfica, sólo unos cuantos se dispersan de la tendencia y se observa un traslape escaso con los individuos silvestres y con los manejados *in situ*. En el caso de los individuos silvestres y manejados *in situ*, se puede ver que aunque existe una tendencia a agruparse hacia la derecha de la gráfica y es sobre todo en estos dos grupos en los que se observa la mayor superposición entre los individuos.

La Tabla 9 permite detectar la importancia relativa de los caracteres en la discriminación de los grupos y esta se refleja como los valores más altos (negritas) de los coeficientes estandarizados producto del análisis discriminante. De acuerdo con esta Tabla, tanto el peso como el volumen del fruto, así como la productividad de frutos por rama son los caracteres que permiten diferenciar a las poblaciones silvestres de las otras dos en la primera función discriminante. En tanto que el diámetro máximo de la corola y el volumen del fruto son los caracteres que nos permiten diferenciar a las poblaciones manejadas de las cultivadas en la segunda función discriminante.

Análisis de Varianza por población.

En la Tabla 10 se presentan los análisis de varianza para los 26 caracteres estudiados en las ocho poblaciones, indicando que se encontraron diferencias significativas en 23 de ellos. Es necesario hacer notar que en 19 de estos caracteres las diferencias muestran una tendencia clara relacionada con el manejo; sin embargo, en cuatro de estos caracteres las diferencias son altamente significativas y es en éstos en los que se muestra con claridad la tendencia de separar a las poblaciones cultivadas de las restantes. El peso y el volumen del fruto, así como la productividad de frutos por rama presentan en las poblaciones cultivadas los valores más altos. En contraste el peso de la semilla en las

poblaciones cultivadas están muy por debajo de las manejadas y silvestres, las cuales se comportan como un grupo por separado.

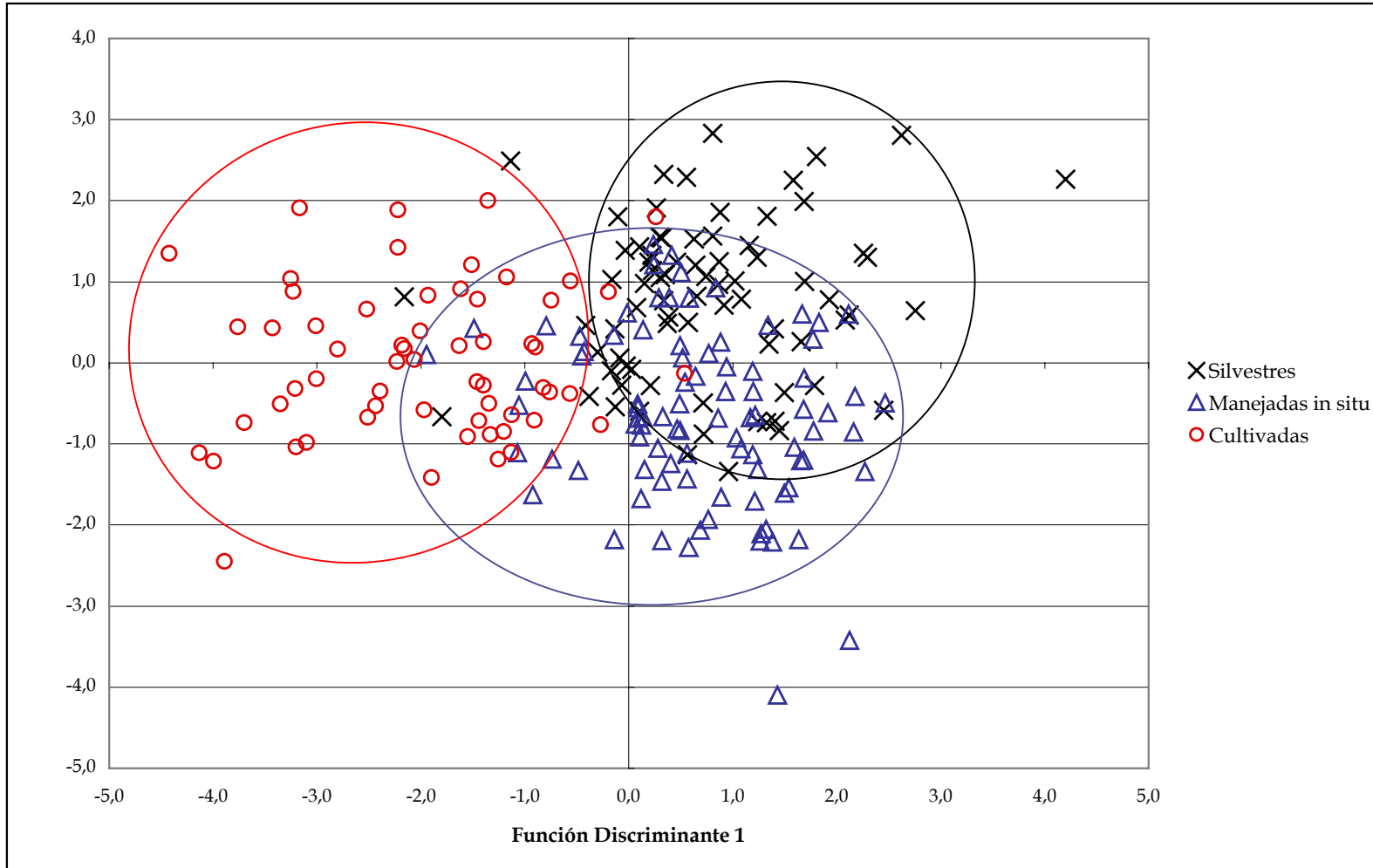


Figura 18. Valores discriminantes de los individuos de *Myrtillocactus schenckii* con base a las funciones discriminantes 1 y 2.

Tabla 9. Importancia relativa de los caracteres estudiados para la discriminación de las poblaciones.

<i>Caracteres</i>	<i>Función Discriminante 1</i>	<i>Función Discriminante 2</i>
Longitud tubo floral	0.05518	0.28732
Diámetro máx. corola	-0.02414	-0.95239
Longitud tépalos	-0.05698	0.54927
Longitud estigma	-0.24505	0.05901
No. lóbulos estigma	-0.20933	0.16598
Longitud estilo	0.22918	0.14439
Longitud pericarpelo	-0.18833	0.49597
Diámetro pericarpelo	-0.13170	0.35739
Diámetro nectario	-0.06938	0.17166
Longitud nectario	0.00396	-0.00002
Longitud ovario	0.26733	-0.30497
Diámetro ovario	-0.03122	-0.51677
No. óvulos	-0.13428	0.19491
Diámetro ramas	0.23017	0.06570
No. costillas x rama	0.09536	0.00828
Ancho costillas	0.24344	-0.16412
Profundidad costillas	-0.23255	0.09114
Distancia entre areólas	-0.10596	0.31521
Biomasa	0.20946	0.19591
Peso fruto	0.70824	0.37999
Volumen fruto	-1.31632	-0.92758
Peso semilla	0.27541	-0.34791
No. semillas	0.54193	0.33365
Productividad de frutos	-0.71346	-0.18191
° Brix de la pulpa	0.15824	0.21649
pH de la pulpa	-0.00639	-0.37617

Tabla 10. Resumen del Análisis de Varianza que incluye valores promedio \pm error estándar de los 26 caracteres morfológicos evaluados en las 8 poblaciones de *Myrtillocactus schenckii*. Las letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Máxima Diferencia Significativa de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Caracter	Silvestre 1	Silvestre 2	Silvestre 3	Manejada 1	Manejada 2	Manejada 3	Cultivada 1	Cultivada 2	g. l.	C. M.	F	significancia
Longitud del Tubo Floral (cm)	2,244 $\pm 0,032$ a	2,355 $\pm 0,036$ a	2,269 $\pm 0,042$ a	2,365 $\pm 0,028$ a	2,237 $\pm 0,045$ a	2,345 $\pm 0,025$ a	2,345 $\pm 0,033$ a	2,226 $\pm 0,037$ a	7 185	0,089 0,031	2,897	0,0068
Diámetro Máx. de la Corola (cm)	2,859 $\pm 0,038$ ab	2,845 $\pm 0,055$ ab	2,784 $\pm 0,063$ b	2,887 $\pm 0,034$ ab	2,841 $\pm 0,064$ b	3,059 $\pm 0,037$ a	2,938 $\pm 0,046$ ab	2,780 $\pm 0,043$ b	7 185	0,188 0,056	3,374	0,0021
Longitud de los Tépalos (cm)	1,445 $\pm 0,031$ a	1,465 $\pm 0,032$ a	1,204 $\pm 0,023$ c	1,420 $\pm 0,025$ a	1,371 $\pm 0,031$ ab	1,297 $\pm 0,020$ bc	1,465 $\pm 0,029$ a	1,239 $\pm 0,021$ c	7 185	0,239 0,019	12,893	<,0001
Longitud del Estigma (cm)	0,657 $\pm 0,017$ a	0,597 $\pm 0,019$ ab	0,496 $\pm 0,019$ c	0,587 $\pm 0,017$ ab	0,596 $\pm 0,022$ ab	0,538 $\pm 0,014$ bc	0,630 $\pm 0,016$ a	0,628 $\pm 0,015$ a	7 185	0,058 0,008	7,205	<,0001
No. Lóbulos del Estigma	5,655 $\pm 0,101$ a	5,558 $\pm 0,134$ a	5,471 $\pm 0,175$ a	5,407 $\pm 0,132$ a	5,327 $\pm 0,091$ a	5,319 $\pm 0,085$ a	5,679 $\pm 0,093$ a	5,506 $\pm 0,109$ a	7 185	0,478 0,314	1,525	0,1612
Longitud del estilo (cm)	1,069 $\pm 0,032$ d	1,153 $\pm 0,027$ bcd	1,267 $\pm 0,039$ ab	1,171 $\pm 0,019$ bcd	1,207 $\pm 0,038$ abc	1,333 $\pm 0,021$ a	1,176 $\pm 0,026$ bcd	1,118 $\pm 0,025$ cd	7 185	0,164 0,021	7,916	<,0001
Longitud del pericarpelo (cm)	0,519 $\pm 0,011$ a	0,477 $\pm 0,013$ ab	0,493 $\pm 0,011$ a	0,480 $\pm 0,013$ ab	0,432 $\pm 0,012$ b	0,510 $\pm 0,011$ a	0,503 $\pm 0,009$ a	0,484 $\pm 0,012$ a	7 185	0,019 0,004	5,310	<,0001
Diámetro del pericarpelo (cm)	0,479 $\pm 0,008$ c	0,517 $\pm 0,012$ abc	0,538 $\pm 0,008$ ab	0,501 $\pm 0,007$ bc	0,517 $\pm 0,009$ bc	0,508 $\pm 0,007$ bc	0,525 $\pm 0,011$ ab	0,561 $\pm 0,012$ a	7 185	0,015 0,002	6,208	<,0001
Diámetro del Nectario (cm)	0,224 $\pm 0,004$ ab	0,219 $\pm 0,004$ abc	0,231 $\pm 0,004$ a	0,233 $\pm 0,005$ a	0,200 $\pm 0,004$ c	0,221 $\pm 0,003$ abc	0,208 $\pm 0,003$ abc	0,218 $\pm 0,006$ bc	7 185	0,003 0,001	5,157	<,0001

Longitud del Nectario (cm)	0,452 ± 0,009 c	0,452 ± 0,010 c	0,528 ± 0,012 a	0,460 ± 0,010 bc	0,502 ± 0,011 ab	0,476 ± 0,007 bc	0,470 ± 0,008 bc	0,459 ± 0,012 bc	7 185	0,015 0,003	5,528	<,0001
Longitud del Ovario (cm)	0,285 ± 0,006 b	0,283 ± 0,010 bc	0,266 ± 0,009 bc	0,326 ± 0,008 a	0,222 ± 0,007 d	0,267 ± 0,006 bc	0,270 ± 0,005 bc	0,249 ± 0,009 cd	7 185	0,024 0,002	15,153	<,0001
Diámetro del Ovario (cm)	0,242 ± 0,005 d	0,287 ± 0,008 abc	0,287 ± 0,004 abc	0,314 ± 0,007 a	0,272 ± 0,007 bc	0,257 ± 0,005 cd	0,270 ± 0,005 bcd	0,297 ± 0,008 ab	7 185	0,014 0,001	11,785	<,0001
No. de Ovulos	159,673 ± 5,570 ab	162,450 ± 8,374 ab	185,108 ± 10,994 a	167,969 ± 8,141 ab	157,404 ± 7,883 ab	145,754 ± 7,198 b	162,821 ± 7,047 ab	184,058 ± 9,150 a	7 185	3945,810 1528,870	2,581	0,0146
Diámetro de las Ramas (cm)	10,193 ± 0,135 bc	11,038 ± 0,144 a	10,169 ± 0,147 bc	10,764 ± 0,147 ab	10,417 ± 0,129 abc	10,404 ± 0,173 abc	11,062 ± 0,174 a	9,816 ± 0,160 c	7 232	5,828 0,698	8,354	<,0001
No. de costillas por Rama	6,787 ± 0,059 a	6,807 ± 0,044 a	6,627 ± 0,065 a	6,780 ± 0,049 a	6,820 ± 0,073 a	6,633 ± 0,058 a	6,740 ± 0,047 a	6,767 ± 0,055 a	7 232	0,169 0,099	1,703	0,109
Ancho de las costillas (cm)	3,475 ± 0,075 a	3,224 ± 0,089 ab	2,664 ± 0,078 d	3,299 ± 0,063 ab	3,095 ± 0,079 bc	2,827 ± 0,087 cd	3,168 ± 0,087 abc	2,646 ± 0,095 d	7 232	2,786 0,204	13,624	<,0001
Profundidad de las costillas (cm)	2,577 ± 0,036 b	2,828 ± 0,041 a	2,713 ± 0,038 ab	2,723 ± 0,040 ab	2,649 ± 0,041 ab	2,798 ± 0,046 a	2,798 ± 0,049 a	2,828 ± 0,043 a	7 232	0,248 0,054	4,592	<,0001
Distancia entre areolas (cm)	1,160 ± 0,025 abc	1,171 ± 0,023 ab	1,169 ± 0,022 ab	1,108 ± 0,026 bc	1,052 ± 0,024 c	1,176 ± 0,022 ab	1,194 ± 0,028 a	1,256 ± 0,031 ab	7 232	0,107 0,020	5,342	<,0001
Biomasa (m ³)	81,732 ± 12,842 ab	103,019 ± 13,384 a	33,169 ± 5,617 c	62,295 ± 11,605 abc	58,072 ± 10,411 abc	46,294 ± 7,227 bc	79,038 ± 11,677 ab	54,947 ± 8,166 bc	7 232	14750,200 3277,600	4,500	0,0001

Peso del fruto (g)	0,615 ± 0,030 c	0,950 ± 0,045 ab	0,935 ± 0,062 ab	0,747 ± 0,045 bc	1,020 ± 0,057 a	1,122 ± 0,046 a	1,082 ± 0,063 a	1,098 ± 0,057 a	7 220	0,917 0,077	11,835	<,0001
Volumen del fruto (cm ³)	0,536 ± 0,027 d	0,777 ± 0,055 bc	0,730 ± 0,047 cd	0,643 ± 0,038 cd	0,850 ± 0,047 abc	0,982 ± 0,046 ab	0,983 ± 0,057 a	1,005 ± 0,054 a	7 214	0,842 0,064	13,153	<,0001
Peso de la semilla (mg)	0,537 ± 0,012 a	0,430 ± 0,007 d	0,428 ± 0,009 d	0,518 ± 0,010 ab	0,481 ± 0,011 bc	0,437 ± 0,009 d	0,447 ± 0,007 cd	0,422 ± 0,008 d	7 217	0,056 0,003	20,756	<,0001
No. de semillas por fruto	86,609 ± 5,472 c	135,824 ± 5,383 a	135,377 ± 8,342 a	79,558 ± 6,525 c	132,649 ± 7,147 a	144,922 ± 5,399 a	102,131 ± 6,004 ab	124,226 ± 7,435 bc	7 217	17637,100 1176,300	14,994	<,0001
Productividad de frutos por rama	38,832 ± 7,553 b	75,344 ± 14,587 b	65,067 ± 12,482 b	61,916 ± 8,498 b	103,320 ± 16,543 b	46,640 ± 7,494 b	235,708 ± 27,348 a	173,195 ± 22,565 a	7 232	144226 7818,000	18,447	<,0001
° Brix de la Pulpa	18,560 ± 0,626 a	13,653 ± 0,465 c	15,653 ± 0,561 bc	18,484 ± 0,604 a	14,771 ± 0,534 bc	14,736 ± 0,449 bc	16,236 ± 0,446 b	14,429 ± 0,284 bc	7 214	94,6926 6,8864	13,7507	<,0001
pH de la Pulpa	4,302 ± 0,060 a	3,951 ± 0,092 b	4,086 ± 0,060 ab	4,311 ± 0,057 a	3,827 ± 0,064 bc	3,946 ± 0,039 b	3,650 ± 0,054 c	4,095 ± 0,056 ab	7 214	1,47094 0,10599	13,8783	<,0001

Análisis de Varianza por tipo de manejo

En la Tabla 11 se presentan los análisis de varianza de los 26 caracteres para los tres tipos de manejo definidos; esto es se agruparon las tres poblaciones silvestres, las tres manejadas *in situ* y las dos cultivadas analizadas. Los resultados obtenidos indican que existen diferencias significativas en 14 de los 26 caracteres evaluados.

Para el caso de aquellos caracteres en los que se encontraron diferencias, éstas mostraron marcadamente una tendencia a diferenciar a las poblaciones cultivadas de las restantes. Particularmente en 8 caracteres estas diferencias fueron muy marcadas y muestran una tendencia a separar a las poblaciones claramente en silvestres, manejadas y cultivadas. Estos caracteres fueron: longitud del estigma, diámetro del pericarpelo, profundidad de las costillas, distancia entre areolas, peso del fruto, volumen del fruto, peso de la semilla y productividad de las ramas (Figura 19).

En los 6 caracteres restantes, aunque se encontraron diferencias significativas éstos no muestran una tendencia clara hacia la diferenciación de las poblaciones por tipo de manejo. Es importante hacer notar que los cuatro caracteres que presentaron una tendencia clara a diferenciar a las poblaciones cultivadas de las restantes en el análisis de varianza por población, aparecen también en el análisis de varianza por tipo de manejo y de manera muy marcada.

Índices de Diversidad Morfológica (DM)

Al analizar la diversidad morfológica agrupando a las poblaciones por tipo de manejo se presentaron los valores más altos en las poblaciones manejadas *in situ*, registrándose en promedio para estas poblaciones $DM = 0.768 \pm 0.016$. Para el caso de las poblaciones cultivadas, estas presentaron en forma global los valores intermedios de diversidad morfológica ($DM = 0.679 \pm 0.019$). Los valores más bajos se registraron en

conjunto en las poblaciones silvestres. La diversidad morfológica promedio de las poblaciones silvestres fue $DM = 0.652 \pm 0.016$ (Figura 20).

Tabla 11. Resumen del Análisis de Varianza que incluye valores promedio \pm error estándar de los 26 caracteres morfológicos evaluados en las 8 poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* agrupadas en tres tipos de manejo. Las letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Máxima Diferencia Significativa de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Caracter	Silvestres	Manejadas	Cultivadas	g. l.	C. M.	F	significancia
Longitud del Tubo Floral (cm)	2,285 $\pm 0,022$ a	2,315 $\pm 0,020$ a	2,285 $\pm 0,025$ a	2 190	0,02119 0,033133	0,6396	0,5287
Diámetro Máx. de la Corola (cm)	2,835 $\pm 0,030$ a	2,315 $\pm 0,028$ a	2,285 $\pm 0,033$ a	2 190	0,146882 0,059685	2,461	0,0881
Longitud de los Tépalos (cm)	1,388 $\pm 0,020$ a	1,366 $\pm 0,018$ a	1,352 $\pm 0,022$ a	2 190	0,019722 0,026649	0,7401	0,4784
Longitud del Estigma (cm)	0,596 $\pm 0,012$ ab	0,575 $\pm 0,011$ b	0,629 $\pm 0,013$ a	2 190	0,043998 0,009551	4,6067	0,0111
No. Lóbulos del Estigma	5,577 $\pm 0,069$ a	5,353 $\pm 0,063$ b	5,593 $\pm 0,077$ a	2 190	1,23269 0,31008	3,9754	0,0204
Longitud del estilo (cm)	1,147 $\pm 0,019$ b	1,233 $\pm 0,017$ a	1,147 $\pm 0,021$ b	2 190	0,169682 0,024474	6,9332	0,0012
Longitud del pericarpelo (cm)	0,499 $\pm 0,007$ a	0,472 $\pm 0,007$ b	0,494 $\pm 0,008$ ab	2 190	0,014082 0,003962	3,5542	0,0305
Diámetro del pericarpelo (cm)	0,506 $\pm 0,006$ b	0,509 $\pm 0,005$ b	0,543 $\pm 0,007$ a	2 190	0,024348 0,002731	8,9165	0,0002
Diámetro del Nectario (cm)	0,224 $\pm 0,003$ a	0,218 $\pm 0,002$ ab	0,213 $\pm 0,003$ b	2 190	0,001962 0,000666	2,946	0,055
Longitud del Nectario (cm)	0,472 $\pm 0,006$ a	0,479 $\pm 0,006$ a	0,464 $\pm 0,007$ a	2 190	0,003465 0,003145	1,1019	0,3343
Longitud del Ovario (cm)	0,279 $\pm 0,005$ a	0,272 $\pm 0,005$ a	0,259 $\pm 0,006$ a	2 190	0,005809 0,002322	2,5021	0,0846
Diámetro del Ovario (cm)	0,268 $\pm 0,004$ a	0,282 $\pm 0,004$ a	0,283 $\pm 0,005$ a	2 190	0,004868 0,001583	3,0756	0,0485

No. de Óvulos	167,179 ± 4,947 a	157,632 ± 4,575 a	173,439 ± 5,531 a	2 190	4068,13 1591,18	2,5567	0,0802
Diámetro de las Ramas (cm)	10,467 ± 0,097 a	10,528 ± 0,097 a	10,439 ± 0,119 a	2 237	0,162422 0,853698	0,1903	0,8269
No. de costillas por Rama	6,740 ± 0,033 a	6,744 ± 0,033 a	6,753 ± 0,041 a	2 237	0,003222 0,101888	0,0316	0,9689
Ancho de las costillas (cm)	3,121 ± 0,055 a	3,073 ± 0,055 ab	2,907 ± 0,067 b	2 237	0,861307 0,275196	3,1298	0,0455
Profundidad de las costillas (cm)	2,706 ± 0,025 b	2,723 ± 0,025 ab	2,813 ± 0,031 a	2 237	0,22429 0,058418	3,8394	0,0229
Distancia entre areolas (cm)	1,167 ± 0,015 b	1,112 ± 0,015 c	1,225 ± 0,018 a	2 237	0,229233 0,020805	11,0184	<,0001
Biomasa (m ³)	72,640 ± 6,313 a	55,554 ± 6,313 a	66,993 ± 7,732 a	2 237	6757,42 3587,13	1,8838	0,1543
Peso del fruto (g)	0,837 ± 0,033 c	0,960 ± 0,033 b	1,089 ± 0,040 a	2 225	1,10013 0,09447	11,6457	<,0001
Volumen del fruto (cm ³)	0,681 ± 0,030 c	0,820 ± 0,029 b	0,994 ± 0,035 a	2 219	1,65285 0,0744	22,217	<,0001
Peso de la semilla (mg)	0,467 ± 0,006 a	0,479 ± 0,007 a	0,435 ± 0,008 b	2 222	0,034214 0,004105	8,3337	0,0003
No. de semillas por fruto	118,317 ± 4,472 a	118,064 ± 4,553 a	112,797 ± 5,414 a	2 222	627,97 1700,29	0,3693	0,6916
Productividad de frutos por rama	59,748 ± 9,55 b	70,625 ± 9,55 b	204,452 ± 11,696 a	2 237	439045 8208	53,4882	<,0001
° Brix de la Pulpa	15,956 ± 0,345 a	16,101 ± 0,341 a	15,363 ± 0,408 a	2 219	9,93873 9,66511	1,0283	0,3593
pH de la Pulpa	4,113 ± 0,041	4,042 ± 0,041	3,865 ± 0,049	2 219	1,06885 0,14082	7,5899	0,0007

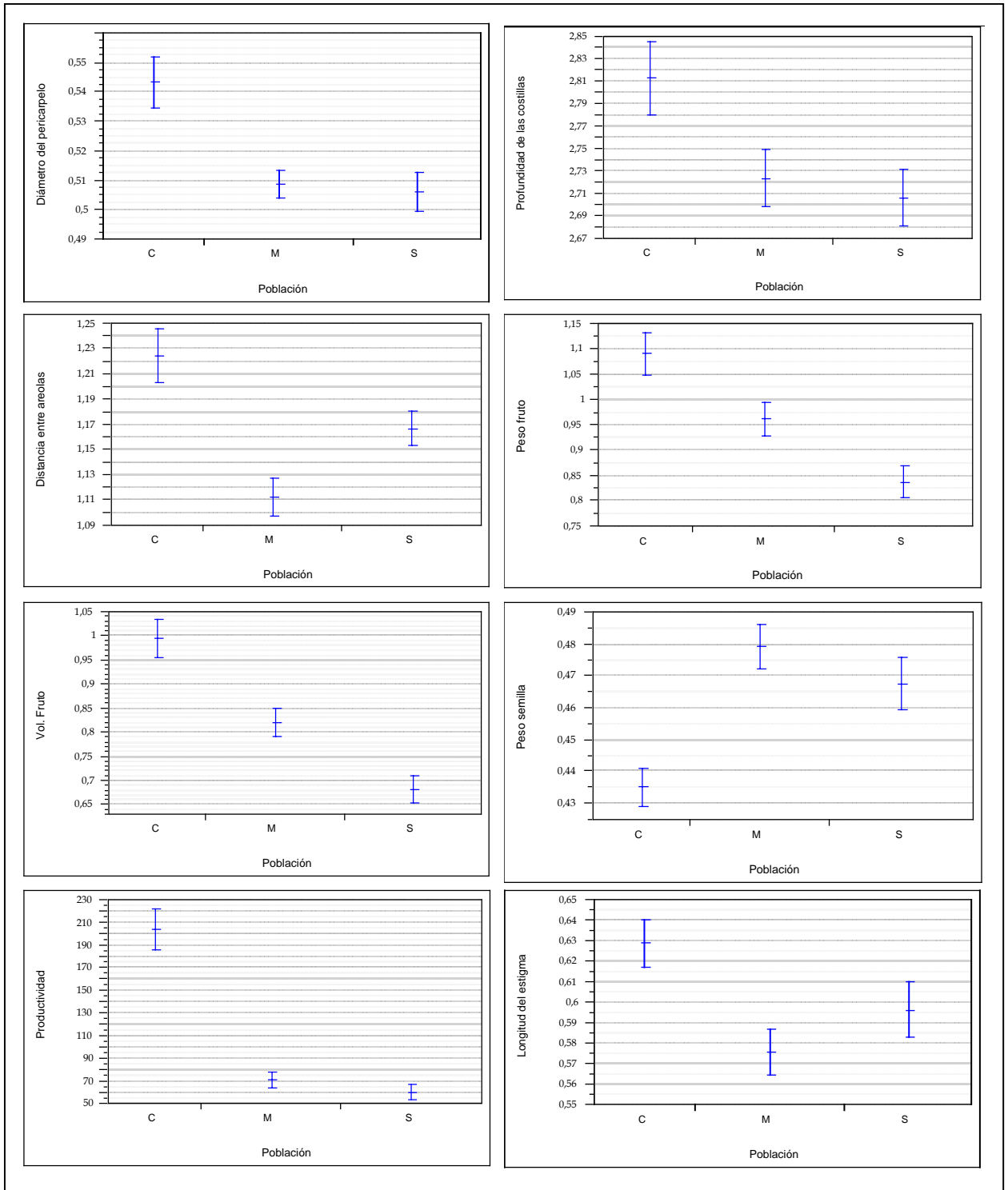


Figura 19. Caracteres en los cuales las poblaciones cultivadas constituyen un grupo claramente diferenciado de las poblaciones silvestres y manejadas *in situ*.

A nivel de poblaciones (Figura 21), destaca la población manejada *in situ* 2 ($DM = 0.842 \pm 0.017$), la cual resultó tener los valores más altos entre todas las poblaciones estudiadas (Tabla 12). Le sigue la población cultivada 1 ($DM = 0.764 \pm 0.017$), después la manejada *in situ* 1 ($DM = 0.735 \pm 0.018$) y la manejada *in situ* 3 ($DM = 0.729 \pm 0.022$). Le sigue la población silvestre 3 ($DM = 0.706 \pm 0.036$), la cual disminuye ligeramente en la población silvestre 2 ($DM = 0.703 \pm 0.029$) y finalmente los valores más bajos se obtuvieron en las poblaciones cultivada 2 ($DM = 0.595 \pm 0.025$) y silvestre 1 ($DM = 0.547 \pm 0.026$). Esta última población resultó ser la que posee los valores más bajos de diversidad morfológica al analizar los datos en conjunto (ver Figura 21).

El análisis de varianza nos indica que las diferencias encontradas son significativas tanto a nivel de población ($F= 14.333$; $p= < 0.0001$) como por tipo de manejo ($F= 13.930$; $p= < 0.0001$). En este último caso, las diferencias se encontraron fundamentalmente entre las poblaciones manejadas *in situ* con respecto a cultivadas y silvestres., mientras que entre estas últimas no se encontraron diferencias.

Tabla 12. Índices de Diversidad Morfológica (*DM*) por población y por tipo de manejo.

Población	(<i>DM</i>)	Tipo de Manejo	(<i>DM</i>)
Silvestre I	(0.547 ± 0.026)		
Silvestre II	(0.703 ± 0.029)	Silvestres	(0.652 ± 0.016)
SilvestreIII	(0.706 ± 0.036)		
Manejada I	(0.735 ± 0.018)		
Manejada II	(0.842 ± 0.017)	Manejadas	(0.768 ± 0.016)
Manejada III	(0.729 ± 0.022)		
Cultivada I	(0.764 ± 0.017)	Cultivadas	(0.679 ± 0.019)
Cultivada II	(0.595 ± 0.025)		
TOTAL			(0.703 ± 0.029)

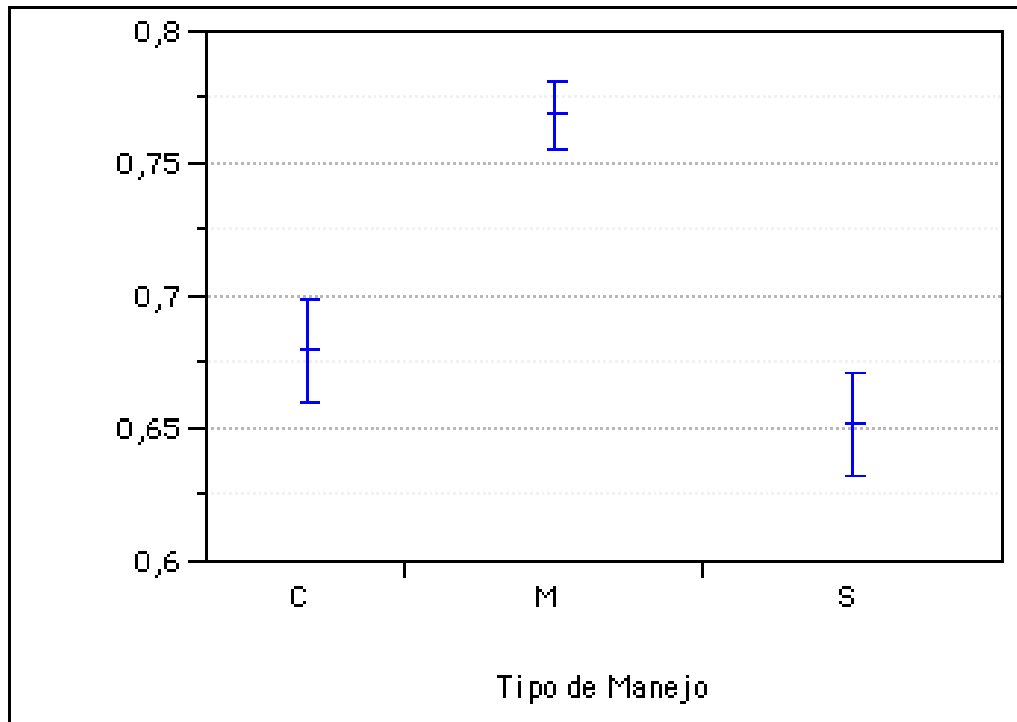


Figura 20. Índices de diversidad morfológica por tipo de manejo.

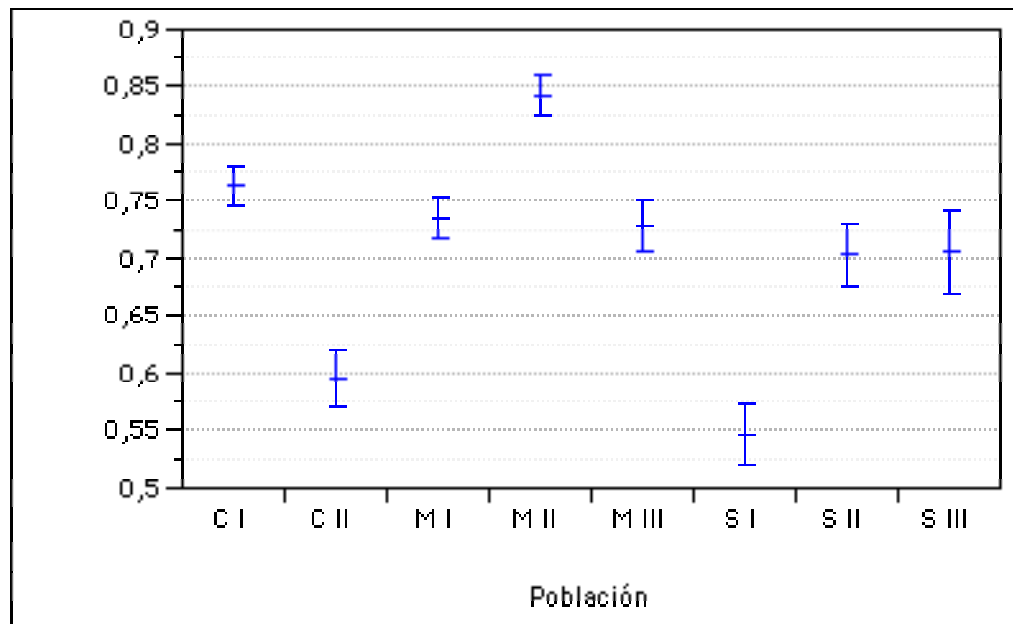


Figura 21. Índices de diversidad morfológica por población.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

De acuerdo con la información etnobotánica obtenida, el “garambullo” *Myrtillocactus schenckii* es un recurso alimentario considerado actualmente como medianamente importante por los habitantes de esta zona del Valle de Tehuacán. Se practican manejo *in situ* y cultivo y selección artificial bajo ambas formas de manejo, la cual está dirigida a favorecer aquellos individuos con características deseables para los campesinos de lugar. De acuerdo con la información de este estudio la gente favorece principalmente individuos que producen frutos más grandes y por ende con mayor contenido de pulpa, así como a aquellos individuos que tienen mayor producción de frutos por rama. Esta selección artificial se practica en las poblaciones manejadas *in situ* y más intensamente en las poblaciones definidas como cultivadas.

El manejo actual que se logró documentar ha tenido implicaciones en las poblaciones de garambullo, pues ha aumentado significativamente la frecuencia de fenotipos favorables en poblaciones cultivadas, en comparación con las manejadas *in situ* y las silvestres, confirmando lo que se ha encontrado en otros estudios de caso con cactáceas columnares de la región (Casas y Caballero, 1996; Casas *et al.*, 1997a, 1999; Cruz y Casas 2001; Arellano y Casas, 2003; Carmona y Casas, 2005).

Se encontraron divergencias morfológicas significativas entre las poblaciones y estas divergencias están fuertemente asociadas con aquellos caracteres morfológicos usados por la gente. Estos caracteres, de acuerdo con las entrevistas y encuestas realizadas, son blancos directos de la selección artificial, de tal suerte que se sugiere que esta selección es causante de la divergencia morfológica y, por lo tanto, revela grados incipientes de domesticación. En este sentido la variación morfológica guarda estrecha relación con las prácticas de manejo y en general con la información

etnobotánica obtenida, mostrando que los individuos se agrupan dependiendo del tipo de manejo al que se encuentran sometidos.

Las prácticas de manejo revelan el amplio conocimiento que tienen los campesinos sobre aspectos biológicos y ecológicos del garambullo. Esto se traduce en que las poblaciones manejadas *in situ* se han convertido en el espacio natural donde se lleva a cabo la selección, convirtiéndolas en importantes reservorios de la diversidad morfológica de la especie.

Uso y aprovechamiento del garambullo

El principal producto que se obtiene del garambullo son los frutos, mismos que son el móvil principal del manejo y de la selección artificial. La totalidad de los entrevistados usa los frutos. Sin embargo, a diferencia de otras frutas de la zona como la “pitahaya” (*Hylocereus undatus*), “pitaya” (*Stenocereus pruinosus*) o el “xoconostle” (*Stenocereus stellatus*), la recolección del garambullo no reditúa un ingreso monetario para las familias. Para muchos habitantes sólo es un “antojo” y lo conservan en el monte, en sus parcelas y en los solares; ya que aprecian su sabor y porque a pesar del pequeño tamaño de los frutos son de las primeras en fructificar a lo largo del ciclo agrícola, por lo que constituyen un aporte en un periodo en el que la disponibilidad de recursos alimentarios es escaso.

Aunque la percepción de las diferencias en cuanto a tamaño de los frutos y producción de frutos por rama no es clara para la mayoría de las personas entrevistadas, un porcentaje importante (33%) menciona que tiene lugares preferidos de recolección, y éstos en la mayoría de los casos coinciden con los solares dentro de la localidad y en sitios conocidos como “garmbullales” o “garmbullera”, donde la densidad de individuos de *Myrtillocactus schenckii* es importante; correspondiendo con las poblaciones manejadas *in situ*. Incluso se perciben diferencias en cuanto al sabor de los frutos de determinados individuos. Este resultado coincide con lo encontrado por

Casas *et al.*, (1997, 1999b); así como por Luna y Aguirre (2001) con *Stenocereus stellatus* y *Stenocereus pruinosus*, respectivamente.

El hecho de que la mayor parte de la gente en la actualidad no perciba diferencias morfológicas ni practique un manejo y selección claros, contrasta con el hecho de que se encontraron diferencias morfológicas significativas entre poblaciones. Este resultado podría sugerir que las diferencias morfológicas encontradas se deben a diferencias ambientales más que a la intervención humana. Pero también podrían indicar que las diferencias morfológicas encontradas son el resultado de prácticas de manejo que fueron más importantes en el pasado y que se han ido perdiendo. Esto último se apoya en el hecho de que en la actualidad el 33% de la gente sigue distinguiendo diferencias morfológicas y practicando manejo y selección artificial del garambullo.

Un aspecto importante de este recurso, es que los niños juegan un papel importante en su recolección y constituye hasta hoy un aspecto cuyo estudio pocas veces se profundiza. De hecho, la mayor parte de las personas entrevistadas perciben la recolección del garambullo como parte de los juegos infantiles e incluso la gente mayor reconoce que cuando eran niños formaba parte importante de su rutina salir al campo a recolectar toda clase de frutas de la temporada. Las manos pequeñas y la destreza, combinada con cierto rasgo de temeridad, son las herramientas necesarias para subir incluso hasta las ramas más altas, algunas de ellas de más de cinco metros de altura.

En este sentido, entre los factores que enumeran como causas de la pérdida de interés en este recurso es que los niños en la actualidad ya no van con tanta frecuencia al campo. Asimismo, en el pasado las únicas frutas que se consumían eran las que se producían en la región, por lo que al abrirse los caminos se facilitó la entrada de otras frutas que hasta ese momento no constituían parte de su dieta. Todo esto parece confirmar que se trata de un recurso que en el pasado tuvo un papel más importante al que tiene en la actualidad.

Otro de los usos del garambullo lo constituye la leña, que en la zona es marcadamente escasa y ésta se obtiene siempre de ramas y/o raíces secas cuando las plantas han muerto. Este es uno de los principales usos reportados para una gran cantidad de cactáceas columnares (Cruz y Casas, 2002; Arellano y Casas, 2003 y Carmona y Casas, 2005); el cual es considerado de buena calidad, sobre todo para el cocimiento de las “cabezas de maguey” (*Agave potatorum*), con las que se prepara mezcal.

Manejo tradicional del garambullo

Al igual que otras cactáceas columnares presentes en la zona, el garambullo se encuentra presente como parte de la vegetación primaria, en las parcelas como elementos perennes tolerados al abrir los terrenos para la milpa y como elementos apreciados en los solares. La recolección practicada en las poblaciones silvestres no implica mayores perturbaciones; sin embargo, en las parcelas donde el espacio para la producción de maíz obliga a ser selectivo en cuanto a la presencia o no de determinadas plantas, la decisión de dejar en pie algunas plantas está determinada por aquellas características buscadas por los humanos. En el caso del garambullo, los individuos con frutos más grandes y con mayor productividad de frutos constituyen el punto de referencia para tolerar o eliminar a determinados individuos.

Este criterio en general coincide con lo documentado para otras especies de cactáceas columnares sujetas a procesos de domesticación como es el caso de *Stenocereus stellatus* (Casas *et al.* 1998, 1999b); *Polaskia chichiipe* (Carmona y Casas, 2005); *Stenocereus pruinosus* (Luna, 1999) y *Opuntia* spp. (Colunga *et al.*, 1986).

De esta manera, la parcela constituye el espacio natural del proceso de selección, ya que es aquí donde se decide qué elementos serán llevados al solar, en donde el criterio de selección todavía es más estricto, ya que estos espacios son en sí mismos una ventana hacia lo más apreciado por la gente en función de un conjunto de valores que van desde resolver cuestiones económicas hasta espirituales. En el caso del

garambullo, de acuerdo con lo documentado en las entrevistas, el manejo y la selección operan actualmente transplantando plántulas o individuos juveniles de poblaciones silvestres y manejadas a los solares, siendo el principal criterio de selección el vigor.

Una de las principales razones por lo que los individuos de garambullo son poco numerosos en los solares, en relación con otras cactáceas columnares, es la dificultad de propagarlos vegetativamente (ver Figura 11). Esta característica contrasta con los casos de *Stenocereus stellatus* o *S. pruinosus*, las cuales se propagan vegetativamente de forma exitosa y donde la producción de frutos puede ser hasta 5 años después del trasplante (Casas *et al.*, 1997).

En el caso de *M. schenckii*, de acuerdo con la información proporcionada por la gente, la producción de frutos puede tardar hasta 15 años después de su establecimiento; y si a esto añadimos que muchas veces el criterio de selección para transplantar el garambullo de una parcela a un solar, en este caso el vigor, no siempre concuerda con obtener frutos grandes o una producción alta de frutos por rama. Por lo que la mayoría de las personas prefiere tener en el solar especies de cactáceas columnares que produzcan frutos 2 ó 3 años después de su trasplante o aquellas cuyos frutos pueden venderse en forma local o regional.

En general, existe la percepción en la gente de que las plantas de garambullo son más productivas en individuos de tallas medianas, tomando en consideración que la talla es un estimador de la edad. Las tallas muy grandes o muy pequeñas representarían los extremos improductivos, en virtud de ser muy longevas o de no ser todavía reproductivas, respectivamente. Sin embargo, como lo mencionan Carmona y Casas (2005), no es posible concluir que el tamaño y la alta producción de frutos estén determinados solamente en función de la edad de las plantas. Si bien es cierto que en promedio los individuos del monte resultaron ser los de mayor talla y los cultivados los de menor, esta situación no guarda correspondencia con una alta producción de frutos y mayor tamaño de los mismos. Es más, se encontró que en las poblaciones cultivadas en promedio, los individuos tienen frutos más grandes, más

pesados y con mayor productividad al compararlos con los manejados *in situ* y silvestres.

Así tenemos individuos de tallas muy grandes con gran producción de frutos e individuos de tallas pequeñas con escasa producción de frutos y viceversa. Esto indica que se debe pensar en otros mecanismos que están aumentando la frecuencia de los individuos más productivos y con frutos más grandes. En este caso se sugiere a la selección artificial practicada por los humanos como el mecanismo responsable de esta situación. En el caso del garambullo, el análisis de correlación entre el tamaño del individuo y volumen de fruto, así como entre el tamaño de individuo y la producción de frutos por rama indican que éstas no son significativas (para el caso de volumen de frutos $r^2 = 0.027$, mientras que para la producción de frutos por rama $r^2 = 0.074$). Por lo anterior, si la talla de los individuos no se relaciona con el tamaño del fruto y con la productividad, es más factible explicar que estos caracteres que resultaron determinantes en la diferenciación morfológica de las poblaciones, guardan estrecha relación con el interés humano por tener plantas con frutos más grandes y más productivas.

La selección de plantas con mejores fenotipos, ya sean plántulas vigorosas de las que se esperan frutos de buena calidad, o bien ramas de individuos adultos con fenotipos conocidos, parece ser una vía para incrementar la abundancia de los mismos en áreas influenciadas por humanos. Esta es una forma común de manejo para muchas plantas perennes en Mesoamérica (Casas y Caballero, 1996; Casas *et al.*, 1996, 1997; Zárate, 2000), incluidas muchas especies de cactáceas (Colunga, 1984; Casas *et al.*, 1997, 1999a; Luna y Aguirre, 2001; Cruz y Casas, 2002; Arellano y Casas, 2003; Carmona y Casas, 2005)

Variación Morfológica

El análisis morfométrico sugiere que la selección artificial ha favorecido el aumento de la frecuencia de los mejores fenotipos, desde el punto de vista humano; y

ésta parece ser el principal factor que ha modificado los patrones de variación morfológica en las poblaciones manejadas *in situ* y cultivadas. De acuerdo con los análisis de varianza, los caracteres que se refieren a las características de los frutos, son los que difieren claramente entre las poblaciones de acuerdo con el tipo de manejo. Esto está en consonancia directa con el objetivo de la selección artificial. Tanto para peso del fruto, volumen del fruto y productividad de frutos por rama, las medias indican que los valores más bajos los poseen las poblaciones silvestres, los valores intermedios las poblaciones manejadas *in situ* y los valores más altos las poblaciones cultivadas. Estos resultados concuerdan con los encontrados en otras especies de cactáceas columnares (Casas *et al.*, 1999b; Luna y Aguirre, 2001; Cruz y Casas, 2002; Arellano y Casas, 2003; Carmona y Casas, 2005) y *Opuntia* spp. (Colunga, 1984).

En el caso del peso de la semilla, se encontró que los valores más altos están en las poblaciones silvestres y manejadas *in situ* y los valores más bajos en las cultivadas. El peso de la semilla puede ser determinante tanto en la germinación como en el establecimiento, por lo que este resultado revelaría una menor capacidad de los individuos provenientes de poblaciones cultivadas por establecerse en condiciones donde los individuos catalogados como silvestres o manejados *in situ*, sí lo logran. Este resultado difiere a lo encontrado en *Stenocereus stellatus* (Casas *et al.*, 1999), *Escontria chiotilla* (Arellano y Casas, 2003) y *Polaskia chichiipe* (Carmona y Casas, 2005), especies en las cuales los frutos de mayor tamaño se caracterizan por presentar un mayor número y tamaño de semillas. En *Myrtillocactus schenckii* el número de óvulos no difirió significativamente entre poblaciones (Tabla 11).

Aunque hubo menos semillas en las poblaciones cultivadas, esto nos indicaría que la polinización de cada flor fue menos efectiva en términos de número de semillas por fruto en las poblaciones cultivadas. Aún cuando hubo un mayor número de flores y frutos en los individuos cultivados, esto quizás guarde una relación con dos aspectos, es decir, en las poblaciones cultivadas hay un mayor número de flores por polinizar, pero cada flor recibe una carga más diluida de polen. De cualquier forma, el argumento de que el tamaño del fruto pueda estar relacionado con un mayor número

de semillas (Rojas-Aréchiga *et al.*, 2001) no está apoyado por los resultados de este estudio.

Las medidas de la flores, tales como el diámetro del pericarpelo, fueron significativamente más grandes en las poblaciones manipuladas que en las silvestres. Es posible que esto sea un resultado indirecto de la selección artificial, al incrementarse el tamaño de los frutos. Al parecer, más que el número de semillas, características como el tamaño del pericarpelo y otras estructuras florales tienen mayor relación con el tamaño del fruto en el caso estudiado.

El resto de los caracteres que varían significativamente, parece no guardar relación con el tipo de manejo. Sin embargo esta variación puede obedecer a diferencias ambientales más que al manejo humano.

En todos los análisis multivariados, tanto las poblaciones como los individuos se clasifican de acuerdo con el tipo de manejo a que se encuentran sujetos. El patrón es claro cuando se analizan las poblaciones en su conjunto, pero no lo es así cuando se analizan los individuos. Sin embargo, los resultados apoyan lo planteado hasta el momento en el sentido de que el manejo humano por medio de la selección artificial, favorece la abundancia de mejores fenotipos y de esta manera ha influido en los patrones de variación morfológica.

En el caso del Análisis de Agrupamiento (Figura 15), el fenograma muestra una clara tendencia a diferenciar las poblaciones de acuerdo al tipo de manejo, aunque como se puede apreciar, existen traslapes tanto entre silvestres y manejadas *in situ*; así como entre estas últimas y las cultivadas. Esto se explica porque las poblaciones más parecidas son las silvestres y las manejadas *in situ*, ya que en esencia estas últimas son poblaciones silvestres con una intensidad de manejo más intenso que las silvestres propiamente dichas. En el caso de las cultivadas que se traslapan con las manejadas *in situ*, este hecho se puede deber a que en la mayoría de los casos los campesinos toman de las parcelas aquellos individuos que tienen alguna característica favorable (en este

caso individuos con frutos grandes y/o muy productivos) y los trasplantan directamente a los solares. Además esta situación se da con poca frecuencia en individuos provenientes de las poblaciones silvestres.

El Análisis de Componentes Principales presenta una situación muy parecida a la descrita para el análisis de agrupamiento, aunque en éste la clasificación de las poblaciones por tipo de manejo es más clara para el caso de las cultivadas (Figura 17). Al comparar los resultados del Análisis de Componentes Principales con los del Análisis del Agrupamiento, notamos algunas similitudes, aunque también algunas diferencias. En primer término en el Análisis de Componentes Principales las poblaciones cultivadas son claramente distinguibles de las restantes y se presentan como un grupo definido. En el Análisis de Agrupamiento esta diferenciación no es tan marcada ya que las poblaciones cultivadas aparecen más relacionadas con las poblaciones manejadas *in situ*. De cualquier forma, ambos análisis diferencian a las poblaciones silvestres con respecto a las manejadas y cultivadas. Esto puede explicarse por el hecho de que en las poblaciones manejadas *in situ* y cultivadas las presiones de la selección artificial son más intensas al compararlas con las silvestres.

Ahora bien, al representar en una gráfica bidimensional a los individuos por sus afinidades encontramos una tendencia a agruparse por el tipo de población, sin embargo las diferencias son apenas perceptibles y no muy claras como en los casos anteriores. Esto tal vez se deba a que al graficar el componente principal 1 *versus* el componente principal 2, estamos representando sólo el 56% de esa similitud.

Los resultados del Análisis Discriminante revelan que las poblaciones estudiadas forman grupos de individuos que mantienen diferencias importantes entre sí, como lo demuestra la Tabla 8 en donde más del 86% de los individuos clasificados como cultivados realmente presentan el fenotipo definido para este grupo y en el caso de los silvestres y cultivados el porcentaje es de alrededor del 70%. Las mayores similitudes se presentan entre las poblaciones silvestres y las manejadas *in situ* con traslapes de cerca de 21 y 27%, respectivamente. Esto se puede deber a que son grupos

directamente relacionados, es decir las poblaciones definidas como manejadas *in situ* son esencialmente poblaciones silvestres sujetas a mayor intensidad de manejo, elementos de la vegetación primaria deliberadamente tolerados cuando se abren los terrenos para la agricultura.

De esta manera se puede explicar que es precisamente en estos grupos en donde ocurre el mayor traslape de individuos; es decir, para el grupo definido como silvestre existe más del 27% de individuos que fenotípicamente corresponden al grupo manejado *in situ*; y en el mismo sentido para el caso del grupo manejado *in situ* 21% de los individuos presentan el fenotipo de los silvestres. En contraste el grupo definido como cultivado presenta sólo el 6.6% de individuos cuyo fenotipo corresponde a los manejados *in situ* y el mismo 6.6% al de los silvestres. Esto último nos permite reforzar la idea de que en las poblaciones definidas como cultivadas se eliminan deliberadamente aquellos individuos que poseen características fenotípicas silvestres.

El análisis de Funciones Discriminantes permite rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre las poblaciones estudiadas de acuerdo al tipo de manejo y que los traslapes en similitud morfológica principalmente entre individuos silvestres y manejados *in situ* pueden explicarse debido a que los individuos manejados derivan de las poblaciones silvestres.

Los traslapes entre individuos silvestres y cultivados como se puede observar son muy escasos y esto es indicativo del grado de diferenciación morfológica entre estos grupos. Finalmente la Tabla 8 nos puede dar una mejor idea de la composición de los grupos de acuerdo a su origen, esto es entre lo esperado y lo que se encuentra. Si las diferencias encontradas fueran producto de la plasticidad fenotípica de la especie, las poblaciones tenderían a agruparse por la localidad de origen y no como se muestra en la Tabla 8 en donde el tipo de manejo resulta un factor determinante en la agrupación.

Los trabajos de Casas *et al.*(1999) con el “xoconostle” *Stenocereus stellatus*; de Cruz y Casas (2002) con el “chende” *Polaskia chende*; de Arellano y Casas (2003) con la “jiotilla” *Escontria chiotilla* y Carmona y Casas (2005) con el “chichipe” *Polaskia chichipe*, sirven de marco para comparar los datos de diversidad morfológica de *M. schenckii* con otras cactáceas columnares en proceso de domesticación.

Todos los autores mencionados coinciden en que el principal producto que se aprovecha son los frutos, que las especies forman parte de la vegetación que se distribuye de manera natural en la región, aunque algunos como en el caso de *Polaskia chende* presenta una distribución más restringida, en virtud de que está asociado a suelos volcánicos, muy escasos en esta zona.

Otra de las similitudes es que todos se encuentran en las parcelas que se abren para la agricultura, como elementos deliberadamente tolerados. Al mismo tiempo sólo *Stenocereus stellatus*, *Polaskia chichipe* y *Myrtillocactus schenckii*; se encuentran en los solares campesinos, lo que revela un grado más alto en la intensidad de manejo que *Escontria chiotilla* y *Polaskia chende*.

Es precisamente en este aspecto en que comienzan las diferencias, ya que uno de los criterios para la inclusión de plantas en los solares, es la facilidad de su manipulación. De acuerdo con la información obtenida, a excepción de *Stenocereus stellatus*, las demás especies de cactáceas columnares tienen de poca a muy escasa capacidad para propagarse vegetativamente. En el caso de *Polaskia chichipe* y *Myrtillocactus schenckii*, presenta una capacidad de reproducción vegetativa limitada. Aunque se practica, los campesinos reconocen la dificultad de llevarla a cabo. En el extremo están *Polaskia chende* y *Escontria chiotilla*, cuya propagación vegetativa es muy escasa.

Otros aspectos que influyen en la intensidad de manejo de estas especies son la calidad del fruto y las posibilidades de obtener un ingreso económico con su recolección y venta. Esto sólo se aplica para *Stenocereus stellatus*. Aunque otros frutos

catalogados por la gente como de buena calidad como son los de *Polaskia chende*, mismos que son apreciados por su sabor, no presenta los grados de manejo de otras especies, en virtud de su distribución restringida, densidades bajas y gran dificultad para propagarse vegetativamente y esto mismo se aplica para *Escontria chiotilla*. En el caso de *Myrtillocactus schenckii*, sus frutos son apreciados por su calidad, pero en comparación con *Stenocereus stellatus*, la gente prefiere invertir su tiempo en frutos más grandes así como en aquellos que le aporten algún ingreso económico adicional.

Diversidad morfológica asociada al manejo

Los resultados obtenidos indican que las poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* poseen en general niveles relativamente altos de diversidad morfológica, comparadas con otras especies de cactáceas columnares (Tabla 13). Al agrupar a las poblaciones por tipo de manejo encontramos que la diversidad morfológica es significativamente mayor en las poblaciones manejadas *in situ* que en las cultivadas y silvestres (Tabla 12). Tales diferencias pueden estar relacionadas con el tipo de manejo que reciben por parte de los campesinos de la región. En este sentido las parcelas se convierten en los espacios naturales donde se lleva a cabo el proceso de selección artificial, dado que además del aprovechamiento de los frutos, la conservación de los elementos perennes le confiere a la parcela múltiples atributos y propósitos más allá del cultivo de la milpa.

Al comparar la diversidad morfológica de estas especies, encontramos diferencias significativas en los promedios totales, siendo mayores los valores de las poblaciones de *Myrtillocactus schenckii* ($DM = 0.703 \pm 0.029$). En *Stenocereus stellatus* se encontró una diversidad morfológica promedio de $DM = 0.450 \pm 0.015$, que es menor al valor encontrado en *Polaskia chichiipe* ($DM = 0.590 \pm 0.007$). Las diferencias encontradas

pueden deberse a que *S. stellatus* es más intensamente manejada que *M. schenckii* y que *P. chichipe*. Además tiene una distribución más amplia y se consideraron un número mayor de individuos en el análisis que llevaron a cabo estos autores. Las diferencias también pueden explicarse a que el cultivo de *S. stellatus* se lleva a cabo mediante la propagación vegetativa de sus ramas, lo cual podría determinar algún grado de disminución de la variabilidad al favorecer la abundancia de algunos fenotipos en particular.

Tabla 13. Comparación de los Índices de Diversidad Morfológica (*DM*) en cuatro especies de cactáceas distribuidas en el Valle de Tehuacán.

Especie	Índice de Diversidad Morfológica (<i>DM</i>)	Fuente
<i>Polaskia chende</i>	0.348 ± 0.046	Blancas <i>et al.</i> (200
<i>Stenocereus stellatus</i>	0.450 ± 0.015	Casas <i>et al.</i> 2006
<i>Polaskia chichipe</i>	0.590 ± 0.007	Blancas <i>et al.</i> (200
<i>Myrtillocactus schenc</i>	0.703 ± 0.029	Este estudio

Las poblaciones manejadas *in situ* de *M. schenckii* y de *P. chichipe* presentan la mayor diversidad morfológica ($DM = 0.768 \pm 0.016$) y ($DM = 0.630 \pm 0.012$) encontrada en todas las poblaciones de ambas especies respectivamente, incluso mayor a las de sus poblaciones cultivadas, tanto de *M. schenckii* ($DM = 0.679 \pm 0.019$), como de *P. chichipe* ($DM = 0.592 \pm 0.013$). Estos niveles de diversidad son también superiores a

los encontrados en poblaciones manejadas *in situ* ($DM = 0.461 \pm 0.014$) y cultivadas ($DM = 0.479 \pm 0.012$) de *S. stellatus*.

Las diferencias con respecto a *S. stellatus* podrían deberse igualmente a la forma de propagación como se discutió arriba, mientras que las correspondientes a las poblaciones cultivadas de ambas especies, sugieren que en estas la parcela de los sistemas agrosilvícolas son los espacios más importantes para el manejo y selección artificial. En contraste en *S. stellatus* el solar es el sistema de manejo y selección de mayor importancia y, por lo tanto, alberga mayor diversidad en cada caso. Estas diferencias se deben a que en *S. stellatus* la propagación vegetativa y el cultivo son prácticas relativamente más sencillas, además de que tiene una mayor velocidad de crecimiento que *M. schenckii* y *P. chichipe*, todo lo cual le confiere a *S. stellatus* mejores condiciones para propagarse exitosamente en los solares, que son espacios antropogénicos manejados con mayor intensidad.

Manejo tradicional y conservación

Los resultados de este trabajo apoyan la hipótesis de Casas *et al.* (1996, 1997a, 1999a), en el sentido de que los procesos de domesticación de plantas en Mesoamérica operan no sólo bajo cultivo sino también bajo otra forma de manejo silvícola de las poblaciones silvestres, a la que llamamos manejo *in situ*. Este proceso pudo haber iniciado antes que se estableciera la agricultura en el área. Este manejo tradicional implica la presencia de importantes estrategias que además de representar aportes relevantes a la agricultura, apoyan la conservación de la biodiversidad en la región. Al dejar en pie elementos perennes en la parcelas se protege el suelo de la erosión, se tiene disponibilidad de otros recursos alimentarios distintos a los obtenidos propiamente de la milpa y se aumenta directa e indirectamente la diversidad de todo tipo de especies vegetales.

Sin embargo estas prácticas de manejo están en peligro ya que están siendo reemplazadas por técnicas y tecnologías de cultivo que homogenizan las parcelas y

donde los elementos perennes de la vegetación son eliminados por completo. En este contexto, existe una preocupación seria por parte de la población local por conservar sus recursos, pero se necesita dotarla de herramientas a todos los niveles, a fin de hacer compatible el bienestar con la conservación de los recursos biológicos.

Estas herramientas incluyen precisamente el llevar a cabo planes de manejo para la zona que tomen en cuenta el uso y manejo tradicional de esta especie, a fin de garantizar su conservación. Al mismo tiempo es necesario que se impulsen proyectos productivos locales de aprovechamiento, principalmente de los frutos de esta especie, ya que a pesar de ser muy apreciado, su consumo está en retroceso. Entre otros, podría capacitarse a la población a fin de buscar otras formas de conservar y consumir los frutos; ya sea elaborando mermeladas, conservas de los frutos, licores o deshidratarlos, a la vez que se exploran vías y esquemas de comercialización a nivel regional. La formación de pequeñas unidades productivas, que de concretarse, podría constituir un ingreso extra a fin de beneficiar a la economía campesina de la zona. Ante este panorama el estudio de las cactáceas columnares adquiere otra dimensión, no sólo por el papel que desempeñan en las comunidades bióticas de las zonas áridas y semiáridas del país; sino por las implicaciones sociales y económicas de su manejo y conservación.

CONCLUSIONES

- *Myrtillocactus schenckii* es actualmente un recurso de relativamente mediana importancia económica, comparada con otras cactáceas columnares de la región. Sus frutos son la principal parte utilizada. Aunque existe manejo y selección artificial de la especie, estas actividades parecen haberse reducido con respecto al pasado.
- El manejo *in situ* y el cultivo del garambullo involucra la selección artificial y los procesos de domesticación incipientes. Las partes de la planta que son sujetas a selección artificial son fundamentalmente los frutos, los cuales se colectan tanto de las poblaciones silvestres, manejadas *in situ*, así como de las cultivadas. La selección artificial ha favorecido a aquellos fenotipos con frutos de mayor tamaño, mayor contenido de pulpa y con alta producción de los mismos.

- Las poblaciones estudiadas presentaron un patrón de divergencia morfológica en función de la intensidad de manejo, por lo que la mayor divergencia se observó entre las poblaciones cultivadas y silvestres.
- Se puede ubicar al garambullo como una especie que presenta rasgos incipientes de domesticación y tomando en cuenta a otras especies de cactáceas columnares que están siendo manejadas de forma similar, se ubica dentro de un gradiente intermedio de manejo.
- El manejo tradicional implica importantes estrategias que apoyan la conservación de la biodiversidad en la región, al aumentar la diversidad morfológica y probablemente también genética de la especie.
- El uso y aprovechamiento de esta especie deberá considerarse entre los planes de manejo de la zona, a la vez que para el caso de los frutos de garambullo, se hace necesario buscar otras formas de consumo y aprovechamiento, mismas que en un futuro podrían constituir un ingreso económico adicional para la población local.

BIBLIOGRAFÍA

Arellano, E., Casas, A. 2003. Morphological variation and domestication of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) under silvicultural management in the Tehuacán Valley, Central México. *Genetic Resource and Crop Evolution* 50: 439-453.

Arias, S., Gama, S. y Guzmán, L.U. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14. Cactaceae A.L. Juss. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 146 pp.

Avendaño, A., Casas, P. Dávila y R. Lira. 2006. Tradicional use, management and commercialization of "pochote" *Ceiba aesculifolia* (H. B. & K.) Britton & Baker subsp. *parvifolia* (Rose) P. E. Gibbs & Semir (Bombacaceae) in the Tehuacán Valley, central Mexico. *Journal of Arid Environments* 67: 15-35

Blancas, J. J.; F. Parra; J.D. Lucio; M.E. Ruíz-Durán; E. Pérez-Negrón; A. Otero-Arnaiz; N. Pérez-Nasser y A.Casas. 2006. Manejo tradicional y conservación de la diversidad morfológica y genética de *Polaskia* spp. (Cactaceae) en México. *Zonas Áridas* 10: 20- 40.

Bravo-Hollis, H.. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. 1. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 743 pp.

Bravo-Hollis, H. y Sánchez-Mejorada, H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol. 2. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 404 pp.

Caballero, J. y Mapes, C. 1985. Gathering and subsistence patterns among the Purhepecha Indians of México. *Journal of Ethnobiology* 5: 31-47.

Carmona, A. y Casas, A. 2005. Management, domestication and phenotypic patterns of *Polaskia chichipe* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 60: 115-132.

Casas, A., Viveros, J.L. y Caballero, J. 1994. *Etnobotánica Mixteca: Sociedad, Cultura y Recursos Naturales en la Montaña de Guerrero*. Instituto Nacional Indigenista-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México. 366 pp.

Casas, A., Vázquez, M.C., Viveros, J.L. y Caballero, J. 1996. Plant management among the Nahuatl and the Mixtec from the Balsas River Basin: an ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* 24: 455-478.

Casas, A., Caballero, J. Mapes, C. Y Zárate, S. 1997^a. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 61: 31-47.

Casas, A., Pickersgill, B., Caballero, J. y Valiente-Banuet, A. 1997^b. Ethnobotany and domestication in xoconochtli, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley and la Mixteca Baja, México. *Economic Botany* 51: 279-292.

Casas, A., Valiente-Banuet, A. y Caballero J. 1998. La domesticación de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Ricobono (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62: 129-140.

Casas, A., Caballero, J. y Valiente-Banuet, A. 1999^a. Use, management and domestication of columnar cacti in south-central Mexico: a historical perspective. *Journal Ethnobiology* 19: 71-95.

Casas, A., Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A. y Dávila, P. 1999^b. Morphological variation and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. *American Journal of Botany* 86: 522-533.

Casas, A., Valiente-Banuet, A., Viveros, J.L., Caballero, J., Cortés, L., Dávila, P. et al. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* 55: 129-166.

Casas, A. y Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and difusión En: Nobel P. S. (ed.), *Cacti: Biology and uses*. The University of California Press, Los Angeles, CA .

Casas, A; J. Cruse, E. Morales; A. Otero-Arnaiz y A. Valiente-Banuet. 2006. Maintenance of phenotypic and genotypic diversity of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) by indigenous peoples in Central Mexico. *Biodiversity and Conservation* 15: 879-898.

Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet. En prensa. *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*.

Colunga-GarcíaMarín, P. 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío Guanajuatense. Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas con especialidad en Botánica. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Estado de México.

Colunga-GarcíaMarín, P., Estrada-Loera, E. y May-Pat, F. 1996. Patterns of morphological variation, diversity, and domestication of wild and cultivated populations of *Agave* in Yucatan, Mexico. *American Journal of Botany* 83(8): 1069-1082.

Cruz, M. y Casas, A. 2002. Morphological variation and reproductive biology of *Polaskia chende* (Cactaceae) under domestication in Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 51: 561-576.

Dávila, P., J. L. Villaseñor, L. Medina, A. Salinas, J. Sánchez-Ken y P. Tenorio. 1993. Listados florísticos de México. X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Dávila, P.; Arizmendi, M. C.; Valiente-Banuet, A.; Villaseñor, J. L. & Lira, R. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442.

Felger, R.S. y Moser, M.B. 1976. Seri Indian food plants. Desert subsistence without agriculture. *Ecology of Food and Nutrition*. 5: 13-27.

Flannery, K.V. (ed.) 1986. Guilá Naquitz. Academic Press. New York.

Fry, J. C. 1993. Biological data analysis: a practical approach. New York: Oxford University Press.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

González-Soberanis y A. Casas. 2004. Traditional management and domestication of tempequistle, *Sideroxylon palmeri* (Sapotaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 59 (2): 245-258.

Hammer, K. 2001. Cactaceae. En: Hanelt P. (ed.), Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Masfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops. Springer-Verlag. Berlín. Pp. 198-222.

JMP software Version 5.0 of the SAS System for Macintosh. Copyright ©. 1996. SAS Institute Inc. SAS and all other SAS Institute Inc. product or service names are registered trademarks of SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Luna-Morales, C. del C.; J.R. Aguirre R. 2001. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia*. 26 (1): 18-24.

Mac Neish, R.S. 1967. A summary of the subsistence. En: Byers D.S. (ed.), *The Prehistory of the Tehuacán Valley*. Volumen I: Environment and subsistence. University of Texas Press, Austin, TX. pp. 290-331.

Middleton, William D., Gary M. Feinman and Linda M. Nichols. 2001. An Investigation of the Use of Xerophytic Plant Resources in the Economy and Subsistence of El Palmillo, Oaxaca, Mexico. Project report submitted to the Heinz Family Foundation, Pittsburg.

Nárez, J. 1994. Aridoamérica y Oasisamérica. En Manzanilla L. y López-Luján L. (eds), *Historia Antigua de México. El México Antiguo, Sus áreas culturales, Los orígenes y el Horizonte Preclásico*. Vol. I. Porrúa, México. Pp. 75-111.

Otero-Arnaiz, A.; Casas, A.; Bartolo, M. C.; Pérez-Negrón, E. y Valiente-Banuet, A. 2003. Evolution of *Polaskia chichi* (Cactaceae) under domestication in the Tehuacán Valley, Central Mexico. Reproductive biology. *American Journal of Botany* 90: 593-602.

Otero-Arnaiz, A.; A. Casas; J. L. Hamrick y J. Cruse. (2005). Genetic variation and evolution of *Polaskia chichi* (Cactaceae) under domestication in the Tehuacán Valley, Central Mexico analyzed by microsatellite polymorphism. *Molecular Ecology* 14(6): 1603-1611.

Pardo, J. 2001. Diagnóstico de las plantas silvestres, arvenses y ruderales que son empleadas como alimento por habitantes de cuatro localidades del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México.

Rohlf, J. 1993. Numerical taxonomy and multivariate análisis system for the PC microcomputer (and compatibles), version 1.8. New York. NY: Applied biostatistics Inc.

Rojas-Aréchiga, M., Casas, A. & Vázquez-Yanes, C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments* 49: 279-287.

Rodríguez-Arévalo, I.; A. Casas; J. Campos y R. Lira. (2006). Uso, manejo y proceso de domestication de *Pachycereus hollianus* (F.A.C. Weber) Buxb. (Cactaceae) en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Mexico. *Interciencia* 31 (9): 677- 685.

Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of México. En: Ramamoorthy T.P., Bye R, Lot. A. y Fad. (eds), *Biological Diversity of México*. Oxford University Press, Oxford. Pp. 129-144.

Smith, C.E. 1967. Plant remains. En; Byers D.S. (ed.), *The Prehistory of the Tehuacán Valley*. Vol.I: Enviroment and Subsistence. University of Texas Press. Austin, TX. pp 220-225.

Sneath, P. H. A. and Sokal, R. R. 1973. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. San Francisco, CA: Freeman

Toledo, V.M. y Ordóñez, M.J. 1993. The biodiversity scenario of México: a review of terrestrial habitats. Ramamoorthy T.P., Bye R, Lot. A. y Fad. (eds), *Biological Diversity of Mexico*. Oxford University Press, Oxford. pp. 757-777.

Valiente-Banuet, A., Arizmendi, M.C., Rojas-Martínez, A. y Domínguez-Canseco, L. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in México. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 103-119.

ANEXO I

ENCUESTA SOBRE EL USO Y MANEJO DEL “Garambullo”, *Myrtillocactus schenckii* EN EL VALLE DE TEHUACAN, PUEBLA.

Localidad _____
Fecha _____

Nombre: _____ Sexo: (M) (F) Edad: _____ Ocupación: _____

1. ¿Cuántas clases de garambullo conoce? _____

2. ¿Cómo las distingue? _____

3. ¿Utiliza el garambullo? SI _____ NO _____

4. ¿Qué partes utiliza?

a) raíz b) ramas c) flores d) frutos e) planta completa f) todas g) otra (especificar)

5. ¿Cómo usa estas partes del garambullo?

a) alimento

b) forraje

c) medicina

d) ritual

e) construcción

f) otro (especificar)

a) raíz

b) ramas

c) flores

d) frutos

e) planta completa

f) todas

g) otra (especificar)

6. ¿Sabe si en el pasado tuvo otros usos?

a) Sí i) alimento ii) forraje iii) medicina iv) ritual v) construcción vi) otro (especificar)

b) No se ha usado igual que en la actualidad

c) No sabe

SOBRE EL USO DE LAS RAICES

1. ¿Para qué las ocupa? _____

2. Los productos que elabora:

a) los vende b) consumo familiar c) los intercambia

3. ¿Cuánto a) vende b) consume c) intercambia?

4. ¿Cuál es el precio? _____

5. ¿En qué época las extrae?

a) secas b) lluvias c) todo el año d) en cualquier época del año

6. ¿De qué plantas extrae las raíces?

a) plantas vivas b) plantas muertas c) plantas enfermas

7. ¿Quién las recolecta?

a) hombres b) mujeres c) niños d) cualquiera

SOBRE EL USO DE LAS RAMAS

1. ¿Para qué las ocupa?

a) cerca viva b) leña c) ornato d) forraje e) otra (especificar)

2. Si es forraje, ¿cuántas ramas puede comerse una vaca por día?

3. ¿En qué período las corta?

a) secas b) lluvias c) todo el año d) en cualquier época del año

4. ¿Qué características deben de tener las ramas para ser cortadas?

a) El grosor b) la longitud c) cantidad de espinas d) otra (especificar)

5. ¿Quién realiza esta actividad (cortar las ramas)?

a) hombres b) mujeres c) niños d) cualquiera

6. ¿Cuántas ramas se cortan por semana / mes / año?

7. ¿Qué época es la más propicia para colectarlas?

a) secas b) lluvias c) en cualquier época del año d) otra (especificar)

8. ¿De qué sitios colecta las ramas?

a) del monte b) de las parcelas c) de los solares d) otra (especificar)

9. ¿En qué sitios se encuentran las ramas más grandes y gruesas?
a) en el monte b) en las parcelas c) en los solares d) no hay diferencia
10. ¿En dónde se presentan las plantas con más espinas?
a) en el monte b) en las parcelas c) en los solares d) no hay diferencia

SOBRE EL USO DE LAS FLORES

1. ¿Colecta las flores del garambullo?
a) Sí b) No
2. ¿Para qué las colecta?
a) ornato b) alimento c) forraje d) otro uso (especificar)_____
3. ¿Si es alimento, cómo se preparan?

4. ¿Cuánto colecta?

5. ¿Cada cuándo? _____
6. ¿Se venden? SI _____ NO _____ ¿Cuál es el precio? _____ ¿en dónde se venden? _____
7. ¿En qué temporada las colecta?
a) secas b) lluvias c) todo el año d) en cualquier época del año
Especificar en qué meses: _____
8. ¿Cuál es su período de floración? (especificar mes y duración de la floración)

9. ¿Quién las colecta?
a) hombres b) mujeres c) niños d) cualquiera
10. ¿Sabe si en alguna época se utilizaron como alimento?
a) Sí b) no especificar_____
11. ¿En dónde son más grandes las flores?
a) en el monte b) en las parcelas c) en los solares d) no hay diferencia

SOBRE EL USO DE LOS FRUTOS

1. ¿Colecta los frutos de garambullo?

- a) sí b) no

2. ¿En qué época los recolecta?

3. ¿Para qué los recolecta?

- a) comerlos en casa b) comerlos en el campo c) venderlos d) otro (especificar)

¿Cuánto recolecta? _____ ¿cada
cuándo? _____

Si existe una forma en particular de preparación, especificar.

En caso de recolectarlos para venderlos:

4. ¿De dónde los recolecta preferentemente?

- a) del monte b) de las parcelas c) de los solares d) de cualquier parte

¿Si prefiere algún sitio, por qué? _____

5. ¿Hay diferencias entre los del monte, los de las parcelas y los de los solares? SI _____ NO _____
¿Cuál es? _____

6. ¿En dónde se producen más frutos?

- a) en el monte b) en las parcelas c) en los solares d) no hay diferencia

7. ¿En dónde se producen los frutos más grandes?

- a) en el monte b) en las parcelas c) en los solares d) no hay diferencia

8. ¿En dónde se producen los frutos más dulces?

- a) en el monte b) en las parcelas c) en los solares d) no hay diferencia

9. ¿Cuál es la medida y en cuánto se venden?

10. ¿En qué época fructifica el garambullo? (especificar mes y duración de la fructificación)

11. ¿Qué características prefiere del fruto? (especificar con números: 1 la más preferida)

- | | |
|-------------------------|--|
| a) Frutos grandes _____ | f) Frutos secos _____ |
| b) Frutos chicos _____ | g) Frutos con pocas semillas _____ |
| c) Frutos dulces _____ | h) Frutos con muchas semillas _____ |
| d) Frutos ácidos _____ | i) Frutos de algún color en particular _____ |
| e) Frutos jugosos _____ | |

12. En cuanto a la forma de los frutos, ¿qué formas prefiere?
a) redondos b) ovalados c) otros (especificar) d) cualquiera
13. ¿Ha notado diferencias en el color de la pulpa?
a) sí b) no ¿cuáles? _____
14. ¿Quién los recolecta preferentemente?
a) hombres b) mujeres c) niños d) cualquiera
15. Aparte de consumirlos frescos y secos ¿sabe de alguna otra forma de consumirlos? (conserva, mermelada, licor, etc.)
a) sí (especificar modo de preparación)

- b) no
16. ¿Qué importancia considera que tiene el consumo de frutos de garambullo en su dieta?
a) muy importante b) más o menos importante c) poco importante d) nula
17. ¿Sabe por comentarios de los “viejos” si su consumo era más importante en el pasado?
a) sí (especificar) _____
b) no
18. ¿Considera que el consumo de frutos de garambullo a lo largo de los años a:
a) aumentado b) disminuido c) se mantiene igual
19. ¿Qué aditamentos usa para colectarlos?
a) escalera b) chicoles c) sólo las manos d) otro (especificar) _____
20. ¿Considera que es un fruto de fácil recolección?
a) Sí b) no ¿Por qué? _____
21. En orden de preferencia enumere los frutos que más le gustan (1 el más preferido)
- a) Garambullo (*M. schenckii*) _____
b) Chichipe (*P. chichipe*) _____
c) Chende (*P. chende*) _____
d) Pitaya de mayo (*S. pruinosus*) _____
e) Xoconostle (*S. stellatus*) _____
f) Malinche (*M. marginatus*) _____
g) Garambullo (*M. geometrizans*) _____
h) Pitahaya (*H. undatus*) _____
i) Fruto de *Pillosocereus* _____
j) Fruto de *S. dumortieri* _____

SOBRE EL USO DE LA PLANTA COMPLETA

1. ¿Recolecta la planta completa para su trasplante?
a) si b) no
2. ¿De dónde la recolecta?
a) del monte b) de las parcelas c) de los solares d) otra (especificar)
3. ¿Qué características deben de tener las plantas para ser recolectadas?
a) que esté produciendo frutos b) que esté produciendo flores c) talla d) menor número de espinas e) otra (especificar)
4. ¿A dónde lleva las plantas que son recolectadas?
a) a las parcelas b) a los solares c) otra parte (especificar)
5. Si corta una rama de garambullo, ¿pega al momento de trasplantarse?
a) si b) no c) depende de: _____
6. ¿Cuál es la mejor época para el trasplante? ¿Por qué?
a) lluvias b) secas c) cualquier época d) otra (especificar)
7. ¿Para qué las transplanta?
a) producción de frutos b) ornato c) dar sombra a otras plantas d) otro uso (especificar)
8. ¿Cómo se preparan las ramas para el trasplante?, ¿se prepara la tierra?, ¿se abona?, ¿se riega?

9. ¿Se siembran semillas? SI _____ NO _____
¿Cómo?

SOBRE EL MANEJO DEL GARAMBULLO

1. Cuando va a abrir un terreno para el cultivo, ¿deja e pie a los garambullos que se encuentran en el sitio?
a) si b) no ¿por qué?
2. A los garambullos que permanecen en las parcelas:
a) los riega b) los abona c) los fumiga d) les remueve la tierra e) no les hace nada
3. A los garambullos del monte:
a) los riega b) los abona c) los fumiga d) les remueve la tierra e) no les hace nada
4. A los garambullos de los solares:
a) los riega b) los abona c) los fumiga d) les remueve la tierra e) no les hace nada

5. En relación a su abundancia, ¿cómo considera al garambullo?
a) muy abundante b) más o menos abundante c) poco abundante d) ya se está acabando

6. ¿A qué lo atribuye?

7. Comparado con épocas anteriores, ¿considera que el garambullo ha perdido importancia para su vida cotidiana como recurso natural?

a) si b) no ¿por qué?

8. ¿Ha notado si el garambullo tiene alguna plaga?

a) si ¿cuál? _____ b) no c) no sabe

9. ¿Cuáles son los suelos donde más le gusta crecer al garambullo?

10. ¿En qué parte del monte le gusta crecer?

11. ¿Sabe algún otro nombre con el que se le nombra o se le nombraba al garambullo?

a) si ¿cuál? _____ b) no

12. ¿Sabe alguna leyenda o anécdota que cuenten los abuelitos sobre el garambullo?

a) si ¿cuál? _____ b) no