

VARIACION MORFOLOGICA, MANEJO AGRICOLA TRADICIONAL Y GRADO DE DOMESTICACION DE *Opuntia* spp. EN EL BAJIO GUANAJUATENSE †

Patricia Colunga García-Marín,*
Efraím Hernández Xolocotzi **
y Alberto Castillo Morales ***

SINOPSIS

Se analiza la orientación, intensidad y racionalidad del manejo y selección de *Opuntia* spp. dentro de un sistema de agricultura tradicional en el Bajío guanajuatense, así como la correspondencia actual entre intensidad de manejo y grado de domesticación de las variantes.

La investigación etnobotánica se realizó durante un año en todo el municipio, con énfasis en diez unidades de producción de cuatro comunidades. Los grados de domesticación y la relación entre las variantes, se analizó con métodos estadísticos multivariados con base en 69 caracteres morfológicos de fruto y penca de 55 poblaciones.

Los resultados indican que la variación morfológica continua que existe entre las tunas silvestres de la serie *Streptacanthae* y las mansas de esta serie y la serie *Ficus-indicae*, coincide con su diferente intensidad de manejo, con su progresiva adecuación a las presiones de selección artificial actual y a las tendencias de las plantas domesticadas señaladas en la literatura. Las variantes de *O. joconostle* cultivadas no mostraron diferenciación morfológica de las que no lo son y todas parecen encontrarse en estado silvestre. *O. atropes*, la especie silvestre más apreciada y propagada para usarse como verdura está diferenciada de las especies afines en los caracteres del cladodio apreciados por el hombre. Estos resultados son congruentes con la concepción tradicional de la diferente dependencia que tienen del hombre las variantes y la correspondencia de esto con su intensidad de manejo. La orientación de su selección y manejo actual está dirigida a producir y desarrollar variantes que satisfagan tanto las necesidades y preferencias directas del productor, como las de su comercialización. El hallazgo de tolerancia y cultivo de individuos nacidos por semilla parece indicar la existencia de una práctica tradicional que ha introducido variabilidad a este género propagado fundamentalmente de forma vegetativa.

SUMMARY

The aims, intensity and rationality of management and selection in populations of *Opuntia* spp. within a system of traditional agriculture in the Bajío of Guanajuato, Mexico, are analyzed. This analysis includes the relationship between intensity of management and degree of domestication of the *Opuntia* varieties found.

Field work during one year covered one county with greater attention to ten production units

† Artículo basado en la tesis con que la autora obtuvo el grado de Maestra en Ciencias. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1984.

* Actualmente Investigador Asociado. Departamento de Ecología. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Apartado Postal 924. Mérida, Yucatán.

** Profesor-Investigador Titular, Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

*** Profesor-Investigador Titular, Centro de Estadística y Cálculo, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Recibido para publicación: septiembre, 1984.

Aceptado para publicación: octubre, 1985.

in four communities. The degrees of domestication and the relationship between varieties were obtained with multivariate statistical analysis on the basis of 69 morphological characters of fruits and "pads" of 55 populations.

Results indicate that the continuous morphological variation found among the wild populations (serie *Streptacanthae*), and that among the domesticated populations (series *Streptacanthae* and *Ficus-indicae*), coincide with *a*) the difference in intensity of management, *b*) their progressive adjustment to the pressures of artificial selection, *c*) the tendency found among domesticated populations according to the literature.

Cultivated populations of *O. joconostle* did not show morphological differences from the noncultivated, *O. atropes*, the wild species most valued and propagated as a horticultural plant, is distinguished by the characteristics of the pads utilized.

These results are consistent with the traditional ideas regarding the dependency on man of the stands found and the correspondence of this dependency with the intensity of management given. The aims of selection and management are directed towards the development of plants suitable for the satisfaction of needs of the producer and of the commercial consumer. The tolerance, and even cultivation, of plants originated from seed is a traditional practice which introduces variability in a genus which usually is propagated vegetatively.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 *Marco teórico*

El manejo agrícola de las poblaciones vegetales ha tenido una historia evolutiva cuyos inicios pueden ubicarse en la recolección de las poblaciones silvestres, de donde evolucionó, a partir del conocimiento y la tecnología generada por el recolector, y con base en una cierta organización social, a la agricultura (Flannery, 1973).

El hombre, por medio de la actividad agrícola, tendió a crear un ambiente particularmente favorable para las plantas con el fin de obtener de ellas su mejor desarrollo desde el punto de vista antropocéntrico. Esto lo fue logrando a través de distintas prácticas como el enriquecimiento y preparación del suelo, los deshierbes, la protección contra la depredación, el combate de plagas y enfermedades, la optimización de la humedad y la manipulación de las condiciones de temperatura y fotoperíodo mediante la fecha de siembra.

La trascendencia evolutiva de la agricultura incipiente no radica en que haya permitido un mejor desarrollo de las plantas, sino en que sentó las bases para que se iniciara una vía diferente de evolución: la evolución por medio de la selección del hombre (Schwanitz, 1966).

En términos de la teoría evolutiva actual, la evolución por selección artificial es el proceso de cambio de la frecuencia genética de las poblaciones cultivadas en el que la fuerza predominante es la selección del hombre sobre las variaciones genéticas que se producen en el material que propaga. De forma análoga a la evolución por selección natural, los factores que le dan su dinámica son la producción de variabilidad genética y la selección de ésta, a través de su expresión fenotípica, dentro del contexto de un medio cambiante.

La particularidad del proceso, en relación al de la evolución por selección natural, es precisamente el contexto en que se produce la variabilidad y la selección: la relación dinámica hombre-planta, que determina:

1º Que la producción de variabilidad esté influenciada fuertemente por las modificaciones que el hombre hace al medio en que se desarrollan las plantas y en sus patrones de dispersión, y

2º Que las presiones de selección que se ejercen sobre la variación sean fundamentalmente las presiones selectivas del hombre, de tal forma que su orientación, intensidad y racionalidad estén determinadas por diversos factores económicos, tecnológicos y culturales.

Tenemos, por tanto, que para comprender la dinámica de la evolución por selección artificial es necesario analizar el contexto de la relación hombre-planta en que se da, y cómo este contexto influye en la producción de variabilidad y en la selección de la variación.

El hombre, mediante la modificación del habitat y la disminución consiguiente de la lucha por la existencia que tienen que librar las plantas: 1) ha favorecido la producción de variabilidad y de aislamiento que no se habrían dado en condiciones naturales (Harlan, 1970), 2) ha modificado las presiones de selección natural sobre las plantas cultivadas (Harris, 1969), 3) ha permitido la sobrevivencia de desviaciones extremas del fenotipo que, aunque no necesariamente signifiquen una ventaja adaptativa para la planta bajo condiciones silvestres, sí pueden significar características con valor antropocéntrico (Flannery, 1973).

Sobre las variantes así producidas, el hombre puede ejercer su poder de selección. La orientación, intensidad y racionalidad de ésta depende de:

1) La importancia económica y cultural que tenga para la sociedad o estrato social que ejerce la selección.

2) El uso y destino que tienen las plantas. El hombre busca que éstas se adecuen cada vez más a sus necesidades y preferencias, ya sea de uso directo o de comercialización.

3) La forma en que se realizan los procesos de transformación y los instrumentos disponibles para tal efecto, lo cual puede imponer o liberar ciertas presiones de selección.

4) Las características y el grado de desarrollo de los sistemas agrícolas. El hombre busca que las plantas que cultiva se adapten a las características ecológicas de los sistemas agrícolas y a los implementos y técnicas que utiliza.

Estos cuatro factores, a su vez, dependen y varían de acuerdo al desarrollo de la sociedad en cuestión y a su racionalidad productiva.

Puede entonces decirse que la importancia evolutiva de la agricultura radica en que permitió al hombre ejercer su poder de selección entre variantes que de otra forma no se habrían dado ni habrían podido sobrevivir y en que, una vez seleccionadas éstas, le dio la posibilidad de preservarlas.

El desarrollo de la agricultura, por tanto, puede verse a través de dos hilos conductores que constituyen dos procesos integrados: uno, en el que el hombre fue ampliando su capacidad de modificar las condiciones ambientales en las que crecen

y se reproducen las plantas que le interesan, y otro en el que fue incrementando su capacidad de modificar las características de estas plantas.

El primer proceso puede valorizarse a través del grado de modificación que el hombre hace del habitat, y el segundo por los cambios genéticos ocurridos en las plantas por efecto de la selección artificial, cambios que se reflejan en su morfología, fisiología y otras relaciones con el medio.

Una de las consecuencias más importantes de estos cambios genéticos, propiciados por la selección del hombre, es la domesticación de las especies. Una planta domesticada según Harlan (1975:63-65), es aquella que "ha sido alterada genéticamente de su estado silvestre y ha llegado a estar en el mismo ámbito que el hombre. Puesto que la domesticación es un proceso evolutivo, se encontrarán todos los grados de asociación animal o vegetal con el hombre y una gama de diferenciación morfológica desde las formas idénticas a las razas silvestres, a las razas domesticadas. Una planta o animal domesticado es dependiente del hombre para sobrevivir. Por lo tanto, la domesticación implica un cambio en la adaptación ecológica y ésta está usualmente asociada a la diferenciación morfológica."

Sin embargo, la evolución de las plantas seleccionadas por el hombre no concluye con su domesticación. El proceso de evolución por selección artificial es un continuo de adecuación de las plantas por el hombre hacia sus objetivos. De igual forma, el origen de plantas domesticadas no es un proceso exclusivo de tiempos remotos. Como afirma Schwanitz (1966), aún hoy las plantas silvestres pueden ser por primera vez cultivadas por el hombre y si las circunstancias lo permiten pueden ser convertidas en nuevas plantas domesticadas.

En particular nuestro país, uno de los centros de origen de plantas cultivadas y de agricultura sigue siendo, según Hernández X. (1978), el escenario dinámico de desarrollo de agricultura y domesticación de gran número de especies, desenvolviéndose ambos procesos, fundamentalmente, con base en conocimiento empírico.

Al respecto Darwin desde 1859, en su obra *El origen de las especies* (Darwin, 1969), planteó que la evolución de las plantas cultivadas es un proceso continuo que se inició en épocas remotas y que persiste hasta nuestros días bajo la fuerza fundamental de la selección del hombre. Señaló, además, que históricamente el tipo de selección que ha resultado más importante en el origen de las razas domesticadas ha sido la selección *inconsciente*; es decir, la selección empírica practicada antes del desarrollo de los métodos modernos de mejoramiento y que aún se conserva en los sistemas agrícolas llamados *tradicionales*.

A pesar de que estos señalamientos fueron hechos desde el surgimiento de la teoría de la evolución por medio de la selección natural, el estudio de la evolución de las plantas cultivadas ha estado enfocado fundamentalmente a los procesos que se realizaron durante los orígenes de la agricultura y que culminaron con las especies domesticadas más conocidas, principalmente aquellas reproducidas por semilla y de ciclo de vida anual.

Sin embargo, recientemente se han empezado a realizar estudios del desarrollo actual de este proceso en el seno de los sistemas de agricultura tradicional bajo una perspectiva etnobotánica. Este enfoque ha permitido entender el contexto de la relación

hombre-planta en que se da la evolución de las plantas cultivadas (Hernández X. y Alanís, 1970; Ortega, 1973; Arias, 1980; Nabhan *et al.*, 1981; Johannessen, 1982; Davis y Bye, 1982; Zizumbo, 1985), poniéndose de relieve la importancia de esta perspectiva para el entendimiento de: *a)* los mecanismos involucrados en la evolución por selección artificial, *b)* el desarrollo de la agricultura, *c)* la racionalidad de los sistemas tradicionales de selección, uso, manejo y conservación de germoplasma, *d)* la relación entre la dinámica de la importancia económica y cultural de un recurso, su uso, proceso de transformación y manejo y su evolución por medio de la selección del hombre.

Algunas de estas investigaciones (Bretting, 1981) han utilizado el análisis cuantitativo de la variación morfológica para detectar diferentes grados de evolución por selección artificial.

1.2 *Antecedentes: Opuntia y área de estudio*

Las especies del subgénero *Opuntia*, comúnmente llamadas nopales, son originarias del continente americano. En México ocurren especialmente en las planicies semiáridas del centro y norte del país, presentando una gran variación morfológica (Bravo, 1978).

La importancia alimenticia de estas plantas para el hombre mesoamericano data, cuando menos, de los 7000 años a.C. (Callen, 1967). Sin embargo, el origen y antigüedad de su manejo agrícola son, a la fecha, desconocidos. Las fuentes históricas indican que a la llegada de los españoles los mexicas ya practicaban su cultivo (Martín del Campo, 1957), y que para los habitantes de la gran Chichimeca eran una fuente importante de alimentos silvestres (Hernández de Oviedo citado por Bravo, 1978; Ramírez y González Obregón, citado por De las Casas, 1944). Actualmente la recolección y el cultivo de los nopales continúan siendo una alternativa productiva importante principalmente para los campesinos pobres de las zonas semiáridas de México.

Algunas de las especies que se cultivan hoy, cuentan con numerosas variedades hortícolas y se desconocen en estado silvestre (Britton y Rose, 1919-1923). Los taxa que les dieron origen y el tipo y racionalidad de los procesos de selección y cultivo mediante los que pudieron haberse originado, son desconocidos. Esto último es de gran importancia en un género propagado fundamentalmente de forma vegetativa, y en el que, por tanto, se encuentra más restringida la variación. De igual forma, el manejo agrícola tradicional que reciben actualmente y los móviles y métodos de selección del material, no han sido documentados.

El municipio de Valle de Santiago, Guanajuato, donde se realizó este estudio (Figura 1), se encuentra dentro del área de distribución natural de *Opuntia* y dentro de la zona fronteriza prehispánica entre el área cultural de Mesoamérica y la de Aridoamérica. Esta frontera, además de una frontera cultural, representaba la línea ecológica divisoria entre la zona en que podía practicarse agricultura extensiva y el área en donde se encontraba restringida a ciertos habitat (Kirchoff, 1943; Palerm y Wolf, 1972). El nopal, por su adaptación natural a estas condiciones ecológicas y su facilidad de propagación, pudo haber sido una de las primeras plantas que se cultivaron.

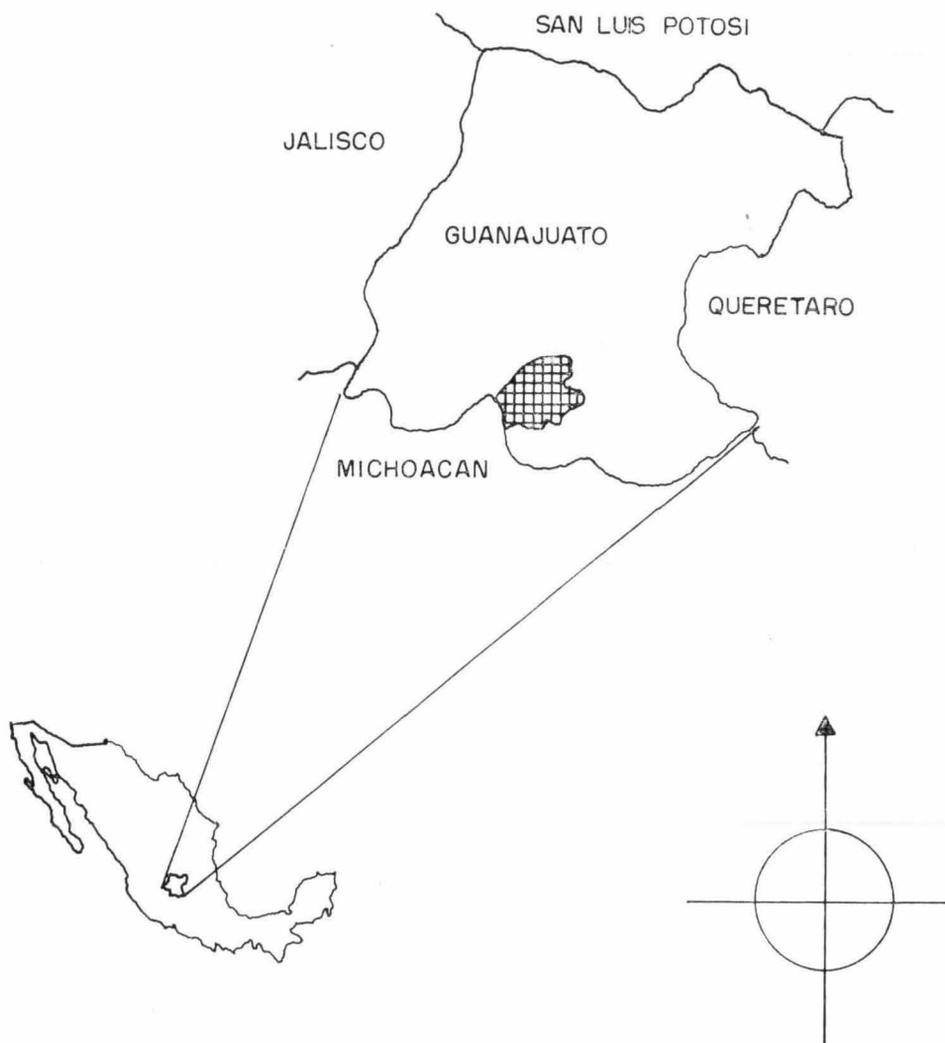


FIGURA 1. Localización del estado de Guanajuato y el municipio de Valle de Santiago en la República Mexicana.

El municipio está dentro de la región conocida como el Bajío, que se ha distinguido desde la colonia como una zona de agricultura comercial. Este tipo de agricultura ocupa los profundos suelos aluviales irrigados de las partes planas y a su lado se ha mantenido una agricultura de subsistencia (agricultura de huamil) marginada a las áreas de mayor pendiente, no irrigadas y con mayores limitantes para el desarrollo de agricultura mecanizada: los deslaves volcánicos con predominancia de matorral xerófito, en donde los nopales son un recurso natural importante (González, 1978; Valencia, 1981).

La antigüedad de la relación hombre-*Opuntia* en Valle de Santiago tampoco es conocida, aunque se ha postulado como una relación prehispánica. Se sabe que al

menos desde su colonización a fines del siglo XVI, el aprovechamiento del nopal ha sido una alternativa alimenticia importante para los campesinos pobres del municipio, quienes los cultivan y también aprovechan a las poblaciones silvestres (Valencia, 1981).

1.3 *Objetivos e hipótesis*

Dentro de este contexto, el presente trabajo es una investigación etnobotánica que parte del supuesto de la interrelación entre el desarrollo del manejo agrícola de una planta y su evolución por medio de la selección del hombre y que tuvo los siguientes objetivos generales:

1. Buscar en el seno de un sistema agrícola tradicional la orientación, intensidad y racionalidad del manejo y selección de un género de reproducción vegetativa con alta significación histórica para la subsistencia en Valle de Santiago, Guanajuato.

2. Analizar la relación entre los distintos grados de domesticación presentes y el manejo agrícola que reciben, tanto desde la propia concepción tradicional, como a través del análisis numérico de su variación morfológica.

Para cumplir con estos objetivos generales fue necesario plantear los siguientes objetivos particulares:

1. Averiguar la importancia económica y cultural de *Opuntia* en Valle de Santiago, el uso y destino de sus productos, los procesos de transformación y las características de los sistemas agrícolas dentro de los cuales se manejan, aspectos de la relación hombre-planta, de los cuales depende la orientación, intensidad y racionalidad de los métodos de manejo y selección.

2. Estudiar el conocimiento tradicional de sus grados de domesticación y cotejarlo con el análisis numérico de su variación morfológica.

Las hipótesis propuestas son:

1. Existen dentro de las especies de *Opuntia* manejadas en el área de estudio diferentes grados de evolución por selección del hombre.

2. Dada la relación del proceso de domesticación y el desarrollo de la agricultura, los diferentes niveles evolutivos deben corresponderse con distintos grados de manejo.

La investigación se realizó durante un año (1981) de residencia en la ciudad de Valle de Santiago, al cabo del cual se hizo el estudio de la relación hombre-planta y el levantamiento de datos numéricos de la variación morfológica de las especies de *Opuntia* en el área.

2. METODOLOGÍA

2.1 *Investigación etnobotánica*

Abarcó los siguientes aspectos: importancia económica y cultural, conocimiento tradicional, uso y destino de los productos, procesos de transformación y manejo agrícola.

Para esta fase se usaron técnicas de investigación etnobotánica (recorridos, colectas, pláticas con informantes y observación participativa), las cuales se aplicaron en todo el municipio. Las observaciones más frecuentes y detalladas se realizaron en cuatro comunidades (Malpaís, Lagunilla, Copales, Hoya Cintura) mediante el trabajo continuo con diez huamileros de los que tienen que rentar tierra. La recopilación de información y los sitios de colecta incluyeron los tres hábitat en que se realiza el aprovechamiento de *Opuntia*: el huerto, el huamil y el agostadero. Algunos aspectos se cubrieron con visitas al mercado municipal.

La composición de las nopaleras en el huamil y el huerto se caracterizó mediante: 1) la abundancia relativa de cada variante, 2) el índice de predominio de Simpson 1949¹ (citado por Odum, 1972:159) y 3) el índice de diversidad de Shannon y Weaver 1949² (citado por Odum, 1972:159).

Estos parámetros se obtuvieron en tres condiciones de manejo de huamil y una de huerto, cada condición representada por tres parcelas de aproximadamente 5 ha. Las diferentes condiciones de manejo y la identidad de los individuos registrados fueron identificadas por informantes de acuerdo a sus criterios (ver Resultados).

Las condiciones de pedregosidad, pendiente y composición florística inicial eran semejantes en todas las parcelas, ya que en su totalidad se encuentran en el cerro de Malpaís. La comparación estadística entre condiciones se hizo con la prueba T de Student.

Se colectó un total de 103 números del género en 21 localidades (Apéndice 1), los cuales se depositaron en los herbarios CHAPA, MEXU y FCME.³ El material se obtuvo con ayuda de personas de la región, tomando como base para colectar, todas las formas que reconocieran como diferentes. La identificación se hizo siguiendo la clave de Bravo (1978).

2.2 Análisis numérico de la variación morfológica

Se realizó mediante técnicas de análisis multivariado. Esta fase tuvo como supuesto fundamental que los diferentes grados de evolución en las variantes de *Opuntia* se reflejarían en las características morfológicas de sus frutos y pencas.

Se evaluaron 69 caracteres morfológicos de cladodio y fruto (Apéndice 2) de 55 variantes de *Opuntia* reconocidas tradicionalmente, cada variante representada por una población de nueve individuos en promedio. Con el fin de evitar en lo posible, que los individuos de una misma variante pertenecieran a un mismo clon, siempre que fue factible procedieron de diferentes huertos o huamiles.

¹ Índice de predominio Simpson 1949

$$C = \sum (n_i/N^2)$$

donde:

n_i = Núm. de individuos de cada variante

² Índice de diversidad Shannon y Weaver 1949

$$\bar{H} = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \lg \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

N = Total de individuos

³ CHAPA, Herbario-Hortorio. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. México.

MEXU, Herbario Nacional. Instituto de Biología. UNAM. Cd. Universitaria, México, D.F.

FCME, Facultad de Ciencias. UNAM. Cd. Universitaria, México, D.F.

Las técnicas de análisis fueron: análisis de conglomerados jerárquicos, de componentes principales, análisis discriminante y estadística descriptiva (Castillo, 1969; Sneath y Sokal, 1973; Crovello, 1974; Goodman, 1974).

Los objetivos particulares de su aplicación fueron:

1. Detectar las discontinuidades en la gama de variación de las variantes reconocidas tradicionalmente y su patrón de agrupamiento.
2. Encontrar las características que diferencian a los grupos con el fin de detectar tendencias relacionadas a domesticación: gigantismo, reducción o pérdida de los medios naturales de dispersión, incremento de la variabilidad, rompimiento de la correlación entre caracteres, etc. (Schwanitz, 1966).

Los análisis se realizaron en el sistema de cómputo del Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados en sus computadoras IBM 370-145 y 4341 utilizando procedimientos del paquete SAS (Statistical Analysis System) en su versión 82.4 (SAS, 1982).

3. RESULTADOS

3.1 *Análisis etnobotánico*

3.1.1 *Importancia económica y cultural*

Las poblaciones de *Opuntia* en Valle de Santiago son ampliamente apreciadas por el uso alimenticio de sus tallos y frutos.

El consumo de nopales, joconostles y tunas, es parte de los hábitos alimenticios de la población en general. Sin embargo, su recolección y manejo son realizados fundamentalmente por los campesinos huamileros, el sector más pobre del municipio. Para este sector constituye uno de los elementos fundamentales de su dieta a todo lo largo del año. Su aprovechamiento y manejo está presente en casi todas sus actividades productivas.

De acuerdo a Valencia (1981), los ingresos de una unidad de producción huamitera por concepto de los productos del nopal, independientemente de su importancia en el autoconsumo, pueden representar aproximadamente el 20% de sus ingresos anuales; es decir, la tercera actividad en importancia económica después del huamil y la venta de fuerza de trabajo, y en términos de ocupación de mano de obra, la segunda después del cultivo de maíz-frijol-calabaza en el huamil.

3.1.2 *Conocimiento tradicional*

La práctica productiva de los huamileros y su conocimiento de los nopales tienen una relación recíproca. Los huamileros han consumido la tuna y el nopalito de prácticamente todas las variantes y, por tanto, conocen su sabor, consistencia, posibilidades de uso y venta. Durante su recolección y manejo han observado características morfológicas que les permiten reconocerlos y han hecho observaciones sobre su biología y relaciones con el medio.

Este conocimiento se refleja en la clasificación tradicional, uso y manejo, y es la base para la obtención de productos, la conservación de las poblaciones silvestres y la transformación de las comunidades y de las poblaciones manejadas, hacia sus objetivos.

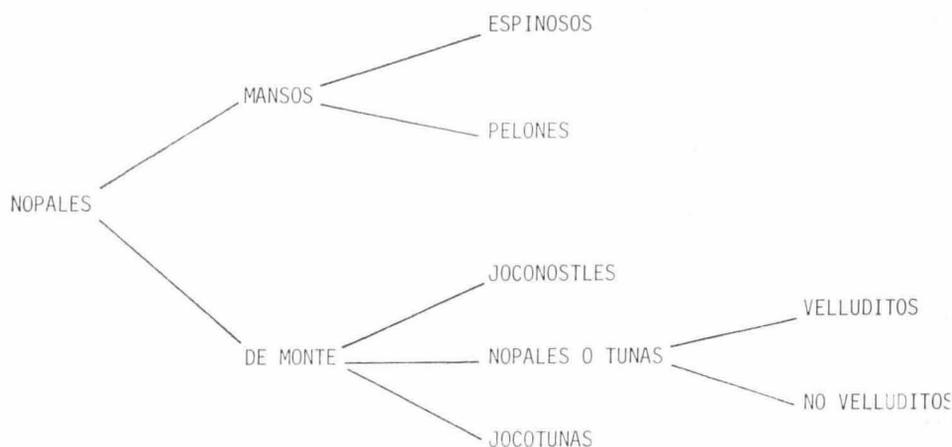
La colecta intensiva de ejemplares y su estudio en compañía de informantes, reveló que se reconocen cerca de 70 variantes pertenecientes a 16 especies (Apéndice 1).

La principal característica que se utiliza para reconocer entre variantes es el color del fruto. Sin embargo, comúnmente pueden distinguirlas utilizando otros caracteres como: hábito de crecimiento; forma y tamaño de los cladodios; presencia de tomento; cantidad, color, posición y largo de las espinas y prominencia de los tubérculos.

De acuerdo a su habitat, las variantes de *Opuntia* se clasifican tradicionalmente en dos grandes grupos: los nopales mansos y los nopales de monte (Cuadro 1). Los nopales mansos, de acuerdo a la definición local, son “aquellos que necesitan los cuidados y el calor de la gente y los animales para producir”, mientras que los de monte “producen aun sin cuidados”. Los caracteres asociados tradicionalmente a esta dependencia del hombre son: *a*) una mayor susceptibilidad a la depredación y al ataque de plagas y enfermedades, *b*) una menor posibilidad de reproducción por semilla.

CUADRO 1

División clasificatoria tradicional de Opuntia spp. en Valle de Santiago, Guanajuato. 1981



Además de su dependencia del hombre, los agricultores consideran que los nopales mansos se diferencian de los silvestres en características morfológicas, fenológicas y de adaptación ecológica relacionadas con las características deseables antropocéntricamente (Cuadro 2).

CUADRO 2

Especies de Opuntia consideradas tradicionalmente en Valle de Santiago como mansas (a) y características atribuidas en contraste con las de monte (b), 1981

Serie	Especie	Nombre común
(a)		
Streptacanthae	<i>O. megacantha</i>	Amarilla con espinas Anaranjada Apastillada bajita Apastillada fuerte Conguito Manzana con espinas Sanjuaneña Tuna blanca
Ficus-indicae	<i>O. ficus-indica</i>	Amarilla sin espinas Manzana sin espinas Morada Nunca vista
	<i>O. crassa</i>	Sandía
	<i>O. undulata</i>	Burriona Yurireña
Robustae	<i>O. robusta</i> var. <i>larreyi</i>	Camuesa redonda Camuesa alargada

(b)

1. Mayor susceptibilidad a depredación.
2. Mayor susceptibilidad a competencia.
3. Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.
4. Menor proporción de semillas viables.
5. Menor número de semillas normales.
6. Período de fructificación más corto y anterior al de las *de monte*.
7. Menor edad de fructificación.
8. Pueden crecer en lugares sin pedregosidad y los *de monte* no.
9. Frutos y cladodios más grandes.
10. Requieren cuidados y el calor de la gente y los animales para producir.

El término nopal manso, además de ser conceptual, se utiliza para nombrar a las variantes de esta categoría. El de nopal de monte, en cambio, no se utiliza más que conceptualmente. Los nombres utilizados son en su mayor parte descriptivos y se refieren generalmente al color del fruto, a su sabor, calidad u otras características morfológicas (Apéndice 1).

Dentro de los nopales mansos se ubican únicamente las variantes apreciadas localmente por la pulpa de sus frutos (tunas). Los nopales de monte se dividen en

tres categorías de acuerdo a cuál es la parte comestible más apreciada: los joconostles, las jocotunas y los nopales o tunas. Los joconostles son los nopales con frutos que tienen un pericarpio grueso, con consistencia y sabor agradable y cuya pulpa generalmente no se consume. Los nopales o tunas tienen pericarpio delgado, suave y sin sabor agradable y de los cuales sólo se consume la pulpa. Las jocotunas son aquellas cuyo fruto puede ser consumido en su totalidad.

Entre las tunas mansas y las silvestres, ubican tres poblaciones intermedias: el Conguito (*O. megacantha* con algunas características morfológicas de *O. streptacantha*), el Sanjuaneño y el Manzano con Espinas (*O. megacantha*). El Conguito es considerado por la gente como variedad propia de la región.

3.1.3 *Uso y destino del producto*

El uso más importante de *Opuntia* en el municipio es el de alimento humano, aunque también se utiliza como medicina humana, forraje, cerca viva, combustible u ornato.

Prácticamente todas las variantes son utilizadas ocasionalmente como alimento. Sin embargo, existen marcadas preferencias por algunas, de acuerdo a ciertas características deseables relacionadas a su uso, proceso de elaboración y de comercialización (Cuadro 3). Algunas son muy apreciadas para su venta, otras para el autoconsumo y otras casi no se utilizan (Cuadros 4-6).

CUADRO 3

Características de variantes seleccionadas para propagación, deseables para su uso, proceso de elaboración y de comercialización. Valle de Santiago, Guanajuato, 1981

NOPALITOS	— Pulpa consistente
— Presencia de tomento	— Mayor proporción pulpa/pericarpio
— Color verde claro	— Ombligo poco profundo
— Delgados	— Ausencia de pedúnculo
— Poca baba	— Mayor proporción pulpa/semillas
— Tejido vascular poco fibroso	— Semillas pequeñas
— Pocas espinas y erectas	— Ausencia de espinas y pocos ahuates
— Tubérculos prominentes	— Pericarpio duro
— Oxidación lenta al ser cortados	
	JOCONOSTLES
TUNAS	— Tamaño grande
— Color rojo	— Mayor proporción pericarpio/pulpa
— Tamaño grande	— Pericarpio ácido
— Sabor dulce	— Pericarpio consistente
— Consistencia jugosa	— Pulpa con funículos poco hidratados

Un aspecto muy notorio en este sentido es que el nopal manso inerme, *O. ficus-indica*, ampliamente comercializado en el Valle de México como nopalito, no es apreciado para este uso en la zona de estudio.

CUADRO 4

Variantes de Opuntia spp. más apreciadas para nopalito en Valle de Santiago, Guanajuato, 1981

Especie	Venta y autoconsumo
<i>O. atropes</i>	Nopal blanco chico, grande y espada
<i>O. aff. jaliscana</i>	Chamacuerito
<i>O. aff. velutina</i>	Boludito
<i>O. tomentosa</i>	Pachón Negrito Sarquito
<i>O. joconostle</i>	Joconostle colorado Joconostle blanco
<i>O. streptacantha</i>	Hartón Sangre de toro
<i>O. hyptiacantha</i>	Sotaleño Lisito
<i>O. megacantha</i>	Agridulce
<i>O. aff. fuliginosa</i>	Viudita

3.1.4 Manejo agrícola

El manejo de las poblaciones de *Opuntia* se da en el contexto del aprovechamiento de las laderas pedregosas ocupadas por matorral xerófilo a través de los siguientes procesos de producción: 1) manejo de las áreas de agostadero, 2) agricultura de huamil, 3) establecimiento de huertos frutícolas.

El sistema agrícola del huamil consiste en la apertura, a través de 10 a 15 años, de áreas cultivables mediante la paulatina tumba de la vegetación y amontonamiento de piedras para ampliar las partes por sembrar. La tumba de la vegetación original se realiza tolerando las cactáceas útiles y otras especies. Conforme se va invirtiendo más y más trabajo en la apertura de las áreas, algunos individuos siguen siendo eliminados, otros son tolerados y otros, incluso, fomentados o cultivados.

CUADRO 5

Variantes de Opuntia spp. más apreciadas para tuna en Valle de Santiago, Guanajuato, 1981

Especie	Venta y autoconsumo ocasional	Venta y autoconsumo	Autoconsumo y venta ocasional	Autoconsumo
<i>O. megacantha</i>	Apastillada bajita	Sanjuaneña	Apastillada silvestre	Agridulce
	Apastillada subida	Manzana con espinas		Languano
	Bianca	Conguito		Piltrillo
	Amarilla con espinas	Anaranjada		
<i>O. streptacantha</i>		Hartona	Sotaleña cimarrona	
		Cardona	Sangre de toro cimarrón	
		Sangre de toro	Jocotuna morada	
<i>O. ficus-indica</i>	Amarilla sin espinas			
	Manzana sin espinas			
	Morada			
<i>O. crassa</i>	Sandía			
<i>O. undulata</i>	Yurireña			
	Burriona			
<i>O. robusta</i> var. <i>larreyi</i>	Camuesa alargada			
	Camuesa redonda			
<i>O. hyptiacantha</i>		Sotaleña		
		Lisita		
<i>O. tomentosa</i>		Aguamielilla		Negrita
		Pachona		Sarquita
		Peludita		Chiquihuitilla
<i>O. aff. jaliscana</i>			Chamacuerito	Duraznillo
<i>O. aff. velutina</i>			Cardona cimarrona	
<i>O. aff. fuliginosa</i>				Viudita

Estas prácticas agrícolas se realizan con el fin de llegar a tener un huamil con la mayor área cultivable posible y con una comunidad de cactáceas útiles con la mayor cantidad de individuos de las variantes apreciadas.

Tenemos así que el manejo de los nopales se realiza a cuatro niveles: el de las poblaciones silvestres en el agostadero, el de las toleradas o fomentadas en el huamil, el de las plantadas en el huamil y el de las plantadas o toleradas en el huerto. Estos cuatro niveles, de acuerdo a la concepción tradicional, están relacionados con el

CUADRO 6

Variantes de Opuntia spp. apreciadas para joconostle en Valle de Santiago, Guanajuato, 1981

Especie	Venta y autoconsumo	Autoconsumo
<i>O. joconostle</i>	Joconostle colorado	
<i>O. aff. joconostle</i>	Joconostle cenizo	Joconostle amarillo
	Joconostle barrilillo	Joconostle anaranjado chico
	Joconostle blanco	Joconostle chapeadito
	Joconostle de burro	Joconostle liso
<i>O. lasiocantha</i>		Joconostle anaranjado
		Joconostle perón
		Joconostle ahuevado
<i>O. streptacantha</i>		Jocotuna morada
<i>O. aff. leucotrichae</i>		Jocotuna blanca

grado de dependencia que las variantes tienen del hombre y en relación al nivel de preferencia a que se tiene de cada una de ellas (Cuadro 7). La especie *O. megacantha* presenta variantes dentro de las cuatro categorías.

CUADRO 7

Intensidad de manejo de variantes de Opuntia en Valle de Santiago, Guanajuato, 1981

Especie	De monte poco toleradas	De monte toleradas o fomentadas	De monte plantadas	Mansas intermedias	Mansas
<i>O. megacantha</i>	Agridulce	Apastillada silvestre	Apastillada silvestre	Conguito Manzana c/espinas	Amarilla c/espinas
	Jitomatilla	Languano Piltrillo		Sanjuaneña	Anaranjada Apastillada bajita Apastillada subida Tuna blanca
<i>O. streptacantha</i>		Jocotuna morada Sangre de toro cimarrón	Cardón Hartón		
			Sangre de toro		
		Sotaleña cimarrona			

CUADRO 7 (continuación)

Especie	De monte poco toleradas	De monte toleradas o fomentadas	De monte plantadas	Mansas intermedias	Mansas
<i>O. hyptiacantha</i>			Lisita Sotaleña		
<i>O. ficus-indica</i>					Amarilla c/espinas Manzana s/espinas Morada
<i>O. crassa</i>					Sandía
<i>O. undulata</i>					Yurireña Burriona
<i>O. robusta</i> var. <i>larreyi</i>					Camuesa alargada Camuesa redonda
<i>O. tomentosa</i>	Chiqui- huitilla Negrita Sarquita	Aguamielilla Pachona Peludita			
<i>O. aff. jaliscana</i>	Duraznillo	Chamacuerito			
<i>O. aff. velutina</i>		Boludito Cardona cimarrona			
<i>O. aff. fuliginosa</i>	Viudita				
<i>O. lasiacantha</i>	Joconostle ahuevado		Joconostle perón		
<i>O. joconostle</i>	Joconostle anaranjado chico	Joconostle anaranjado	Joconostle amarillo		
		Joconostle blanco	Joconostle barrilito		
	Joconostle chapeadito	Joconostle de burro Joconostle liso	Joconostle cenizo Joconostle colorado		
<i>O. aff. leucotrichae</i>	Jocotuna blanca				
<i>O. atropes</i>			Nopal blanco chico Nopal blanco grande Nopal blanco espada		

3.1.4.1 *Poblaciones silvestres.* La recolección de los productos de *Opuntia* implica una cierta calendarización, una selección de los lugares y rutas de recolecta, el proceso de corte y la organización para realizarlo.

Para fines de autoconsumo, todos los lugares cercanos a los asentamientos humanos son objeto de recolección. Para la venta, los principales sitios son los conos volcánicos llamados localmente *hoyas* y algunos cerros, debido a que presentan una mayor densidad de nopales y se encuentran más cercanos a la cabecera municipal.

La recolección se realiza todo el año. Las principales épocas son: de nopalito, de enero a abril; mayo se dedica a la pitaya (*Stenocereus queretaroensis*); de junio a diciembre tuna y joconostle de agosto a febrero.

En este nivel se realizan algunas prácticas de conservación del recurso y de fomento a las poblaciones más apreciadas, como el corte moderado de frutos y pencas sin daño a la planta, o como la colocación vertical de las pencas tiradas para favorecer su establecimiento.

3.1.4.2 *Poblaciones toleradas en el huamil.* El manejo de estas poblaciones forma parte del que se realiza en este sistema agrícola. Es decir, aun cuando la dinámica del huamil está centrada en la producción del maíz y especies asociadas, es posible observar prácticas dirigidas directamente a los nopales y otras que, aunque dirigidas al cultivo de las especies anuales, se realizan tomando en cuenta a las poblaciones de *Opuntia*.

Este manejo involucra prácticas dirigidas principalmente a los individuos más apreciados (Cuadros 4-6). Por ejemplo: la tumba selectiva de la vegetación original; la tolerancia de plantas nacidas por semilla; la protección del recurso (mediante la amonestación o prohibición de corte a las personas que cortan los nopales o tunas lastimando la penca que los sostiene o protegiendo las raíces y tallos de los daños que les pueda ocasionar el arado); la realización de deshierbes alrededor de las plantas y las podas con el fin de vigorizar su crecimiento, eliminar partes enfermas y darles una forma adecuada para la realización de otras prácticas agrícolas dirigidas a las especies anuales.

Este nivel de manejo es practicado por las unidades de producción huamileras que pueden invertir fuerza de trabajo y que dependen de los nopales como recurso.

3.1.4.3 *Poblaciones plantadas en el huamil.* Este manejo incluye las siguientes prácticas: selección del material a reproducir, corte y preparación para plantarlo, selección del terreno, plantación, deshierbes, combate de plagas y enfermedades, poda, prácticas preventivas y modificaciones a la topografía y al suelo.

El tipo de poda que se efectúa a las poblaciones plantadas involucra una mayor modificación a la estructura de la planta que en el caso de las toleradas. La protección contra plagas y enfermedades es más intensa.

Dependiendo de si las plantas son mansas o de monte existen diferencias en su grado de manejo. Los mansos (excepto Conguito) se cultivan en áreas abiertas, en donde se les puede hacer una mayor modificación del suelo, una eliminación mejor y más frecuente de las arvenses y un mayor control de plagas y enfermedades. Esto se corresponde con la concepción tradicional de que estas plantas requieren una

mayor protección. La poda que se les practica involucra una modificación mayor de su estructura, ya que los campesinos consideran que el mayor tamaño de sus frutos y cladodios lo hacen necesario. Además de todas las variantes de tunas mansas, se plantan las de monte que aparecen en el Cuadro 7.

La principal motivación para plantar en el huamil es su comercialización, pues es una alternativa de producción comercializable complementaria a la variable producción de maíz de temporal. Para hacer una plantación es necesario vivir cerca del huamil y disponer de tiempo para cultivar las plantas y vigilar que otros no se lleven el producto.

3.1.4.4 *Poblaciones plantadas y toleradas en el huerto.* En el manejo del huerto y las cercas vivas, los individuos de la comunidad original son sustituidos casi en su totalidad por individuos de las variantes apreciadas y sólo algunos de los originales son respetados.

El deshierbe y control de plagas y enfermedades es más intenso y más específico que en los niveles de manejo anteriores, las modificaciones a la planta se hacen con mayor frecuencia, cuidado y de forma más extensiva. A los nopales mansos, incluso, se les protege de los eclipses, se intensifica el mejoramiento del suelo mediante la aplicación de ceniza, gallinaza, agua y de pequeñas cantidades de estiércol y basura. La selección del material reproducido es más cuidadosa que en el huamil y con mayor frecuencia de tipo individual.

La plantación en huerto es practicada extensivamente en el municipio. Sin embargo, las unidades de producción que cuentan con ganado no pueden intensificar la plantación en el huerto, pues el exceso de estiércol propicia la pudrición. Además de los nopales mansos, se encontró que se plantan los de monte que aparecen en el Cuadro 7, observándose trasplante ocasional de plantas nacidas por semilla en el huamil o el agostadero.

3.1.4.5 *Selección artificial.* Las presiones de selección ejercidas sobre el material propagado, están relacionadas tanto a los caracteres deseables para el autoconsumo, como a los caracteres útiles para la venta de los productos presentados en el Cuadro 3.

El material seleccionado para cultivar en el huerto o el huamil puede proceder de un individuo nacido por reproducción sexual, de uno propagado vegetativamente, o de uno *injertado*.

El criterio para seleccionar individuos nacidos por reproducción sexual es que se encuentren junto a una planta cuyas características se aprecian, pues se supone que provienen de ella.

Los individuos propagados asexualmente pueden ser seleccionados con base en el conocimiento de las características de la población a la que pertenecen o de sus características particulares. El primer tipo de selección es más común cuando se va a establecer una plantación grande.

Se observó que algunos campesinos plantan dos pencas de nopales mansos en íntimo contacto en su base, para que las raíces se *injerteren*. Consideran que una vez

injertados se podrán sembrar fracciones de la planta y ésta conservará las características combinadas.

El material para efectuar plantaciones grandes o para cultivar en pequeña escala en el huamil, generalmente es seleccionado por el hombre. El material introducido esporádicamente en el huerto casi siempre es seleccionado por las mujeres, principalmente el de los nopales blancos (*O. atropes*).

La forma generalizada de mantener el material más apreciado es a través de clones. Su difusión generalmente se da por medio de las relaciones de parentesco, compadrazgo o de amistad.

3.1.4.6 *Composición de las nopaleras en el huamil y el huerto.* Los parámetros, abundancia relativa de cada variante, índice de predominio e índice de diversidad fueron medidos en un huerto y en tres tipos de huamil. Cada tipo representó un diferente grado de inversión de trabajo sobre la comunidad de nopales dentro del proceso normal de apertura de este sistema agrícola.

Se eligió un tipo de huamil en el que se iniciaba el proceso de selección de los individuos de *Opuntia* que se dejarían en forma permanente, otro en el que este proceso se encontraba más avanzado y otro en el que, incluso, ya se habían plantado algunas variantes.

Los resultados obtenidos (Figura 2) indican que la diversidad de la comunidad original se mantiene prácticamente constante a lo largo de las diferentes fases, aunque el índice de predominio aumenta significativamente con la inversión de trabajo; es decir, va disminuyendo el número de variantes a las cuales pertenecen la mayor parte de los individuos. El análisis de la abundancia relativa de las variantes (Figura 3), indica que son precisamente las mansas y silvestres muy apreciadas las que van aumentando en abundancia conforme se invierte más trabajo.

3.2 *Análisis numérico de la variación morfológica*

3.2.1 *Discontinuidades del patrón de variación y agrupamiento*

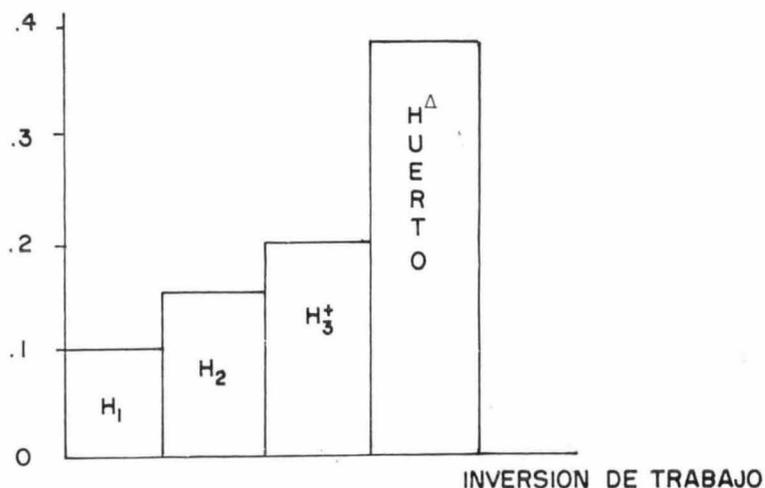
Tanto el análisis de conglomerados (Figura 4), como el de componentes principales (Figura 5) indicaron que las variantes y categorías antropocéntricas identificadas tradicionalmente pueden reconocerse objetivamente como discontinuidades del patrón de variación de las pencas y frutos de las poblaciones estudiadas.

Cuatro grupos mayores pueden apreciarse: los joconostles, los nopales tomentosos, las tunas silvestres y las mansas. Entre ellos se encontró una variación continua que también coincide con la reconocida tradicionalmente. Es el caso de la Jocotuna morada (*O. streptacantha*) entre joconostles y tunas; el Cardón cimarrón (*O. aff. velutina*) entre nopales tomentosos y tunas, y los nopales de monte que son usualmente propagados y los mansos considerados intermedios, ubicados entre tunas mansas y silvestres.

Los nopales tomentosos y los joconostles no mostraron ningún subagrupamiento.

Con el fin de incluir en el análisis a las tres poblaciones de *O. atropes* a las cuales no se les pudo evaluar las características del fruto, se repitió el análisis de componentes principales tomando en cuenta únicamente los caracteres del cladodio.

INDICE DE
PREDOMINIO



INDICE DE
DIVERSIDAD

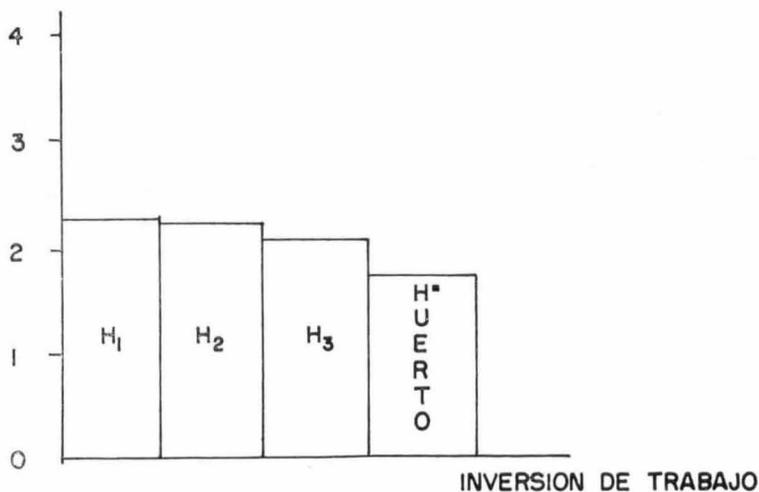


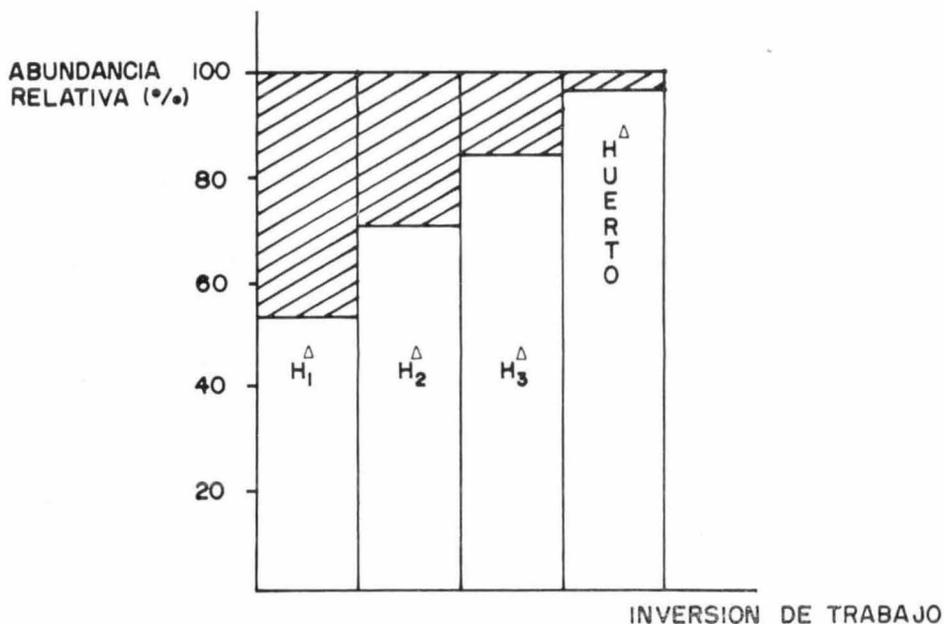
FIGURA 2. Relación entre índice de predominio e índice de diversidad, e inversión de trabajo a la comunidad original de *Opuntia* spp.* Valle de Santiago, Guanajuato, 1981.

H₁ = huamil con poca inversión de fuerza de trabajo; H₂ = huamil en nivel intermedio; H₃ = huamil con mucha inversión de fuerza de trabajo. Las cifras son promedios de 2, 4, 3 y 3 parcelas, respectivamente.

† Probabilidad de que el promedio sea igual al de H₁ < .15.

△ Probabilidad de que el promedio sea igual al de H₃ < .03.

■ Probabilidad de que el promedio sea diferente de H₁ < .30.



- Variantes mansas y silvestres muy apreciadas
 Variantes poco apreciadas y no apreciadas

FIGURA 3. Relación entre inversión de trabajo a la comunidad original de *Opuntia* spp.* y abundancia relativa de las variantes más apreciadas. Valle de Santiago, Guanajuato. 1981.

* H₁ = huamil con poca inversión de fuerza de trabajo; H₂ = huamil en nivel intermedio; H₃ = huamil con mucha inversión de fuerza de trabajo. Las cifras son promedios de 2, 4, 3 y 3 parcelas, respectivamente.

Δ Todos los promedios significativamente diferentes a una P > .98.

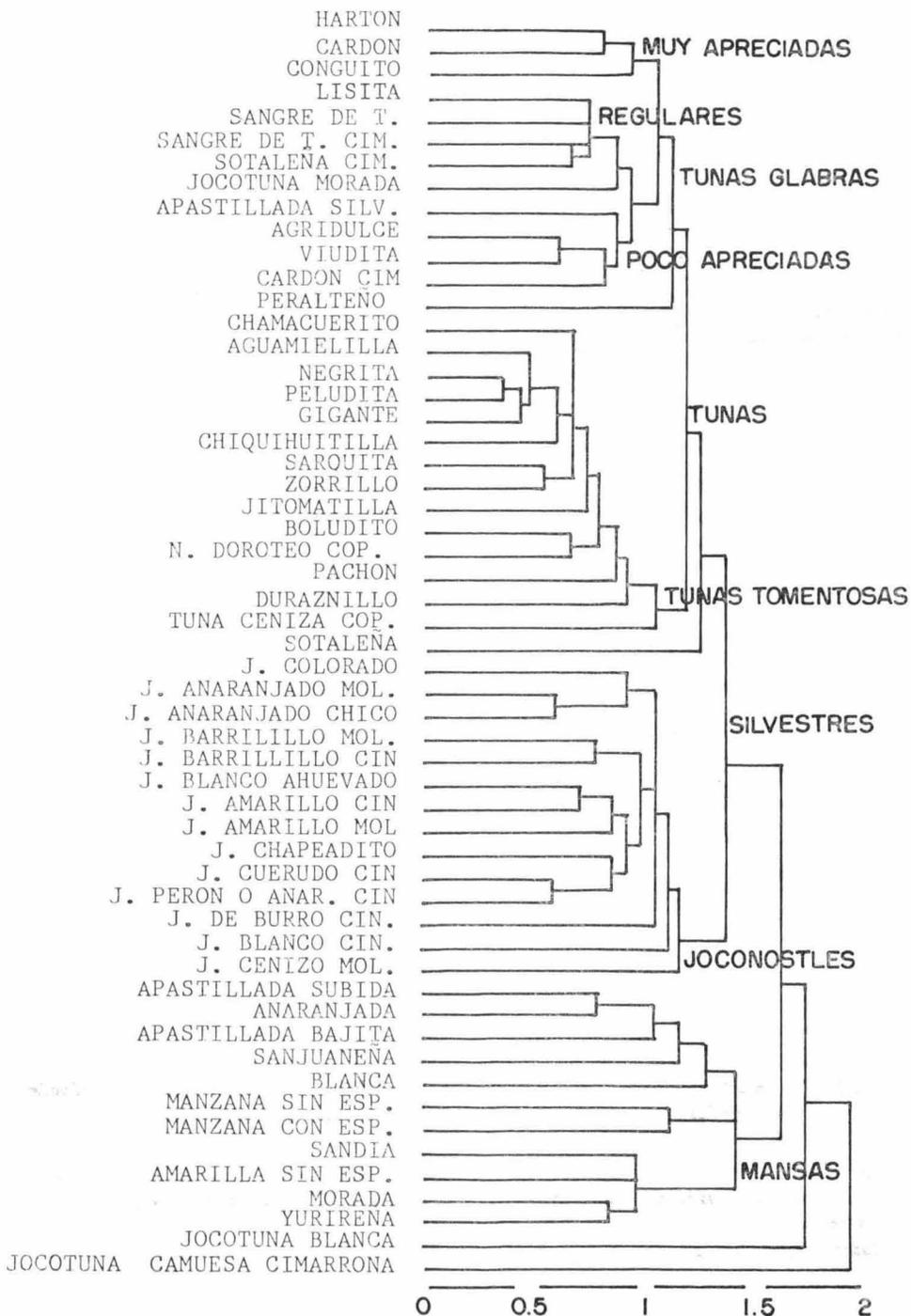


FIGURA 4. Agrupamiento jerárquico de 55 variantes de *Opuntia* spp. en Valle de Santiago, Guanajuato, con base en la similitud de los caracteres del fruto y cladodio. Método de distancia promedio.

En la gráfica de los dos primeros componentes (Figura 6) los nopales blancos se ubicaron junto a los mansos, a pesar de que los tomentosos (a los cuales deberían pertenecer) se ubicaron en un grupo bien diferenciado. El tercer componente principal los separó claramente de todos los grupos (Figura 7).

3.2.2 Características que discriminan a los grupos

El análisis discriminante canónico de la variación de tunas silvestres y mansas (Cuadro 8) indicó que los caracteres con más peso en la primera función, es decir, aquellas que sirven mejor para diferenciarlas, son las relacionadas con las dimensiones del fruto. Esto era de esperarse, dado que son algunas de las características más apreciadas por el hombre.

CUADRO 8

Coefficientes de la primera función discriminante canónica entre variantes de tunas mansas (O. ficus-indica, O. crassa, O. undulata, O. megacantha) y de monte (O. streptacantha, O. hyptiacantha, O. megacantha) con base en caracteres del fruto y cladodio. R² canónica = 1

Variable	Coefficiente	Variable	Coefficiente
N 1 Largo cladodio	-0.7332 *	N 30 Areolas cladodio	-0.0173 +
N 2 Ancho cladodio	-0.5340	N 31 Prop. areol. bordes	0.6372
N 3 Grosor cladodio	-0.3653	N 32 Dens. areol. cla.	0.7070 *
N 4 Areolas bordes	0.3922	N 33 Dist. rel. areolas	0.3505
N 5 Areolas caras	-0.1767	N 34 Prop. areolas	-0.1839 +
N 6 Dist. entre areol.	-0.5252	N 35 Areolas con esp.	0.4541
N 7 Largo areolas	-0.3984	N 37 Prop. espinas	0.1456 +
N 8 Ancho areolas	-0.2292	N 38 Índice espinas	0.5299
N 9 Espinas por areol.	0.3340	N 39 Prop. fruto	-0.7630 *
N 10 Largo máx. esp.	-0.0201 +	N 41 Prof. rel. ombl.	0.3276
N 11 Largo mín. esp.	0.0406	N 42 Dens. areol. fru.	0.9006 *
N 12 Largo fruto	-0.8980 *	N 43 Prop. grosor peri.	0.3638
N 13 Ancho fruto	-0.7674 *	N 44 Peso rel. peri.	0.5013
N 14 Peso fruto	-0.8169 *	N 45 Grosor rel. peri.	-0.5096
N 15 Prof. ombligo	-0.1181 +	N 46 Prop. pulpa	-0.7416 *
N 16 Diám. ombligo	-0.3555	N 47 Peso pulpa	-0.8473 *
N 17 Areolas fruto	0.0931 +	N 48 Prop. rel. pulpa	-0.5013
N 18 Grosor máx. peri.	-0.6605	N 49 Ancho rel. sem.	-0.5013
N 19 Grosor mín. peri.	-0.3233	N 50 Peso rel. sem.	-0.2502
N 20 Peso pericarpo	-0.6654	N 51 Peso por sem.	0.0992 +
N 21 Largo pulpa	-0.9012 *	N 52 Prop. semilla	-0.6959 *
N 22 Ancho pulpa	-0.8195 *	N 53 Matiz piel	0.6387 *
N 23 Peso semillas	-0.7325 *	N 54 Matiz pulpa	0.6808
N 24 Número semillas	-0.6660	N 55 Densidad espinas	0.5103
N 25 Largo, semillas	-0.6290	N 56 Diám. rel. omb	0.4359
N 26 Ancho semillas	-0.0007 +	N 57 Luminosidad piel	0.4885
N 27 Proporción cla.	-0.0207 +	N 58 Luminosidad pulpa	0.1798
N 28 Grosor rel. cla.	0.3364		

* Variables con mayor peso en la función.

+ Las diferencias en estas variables no fueron significativas al 95% en una prueba de T.

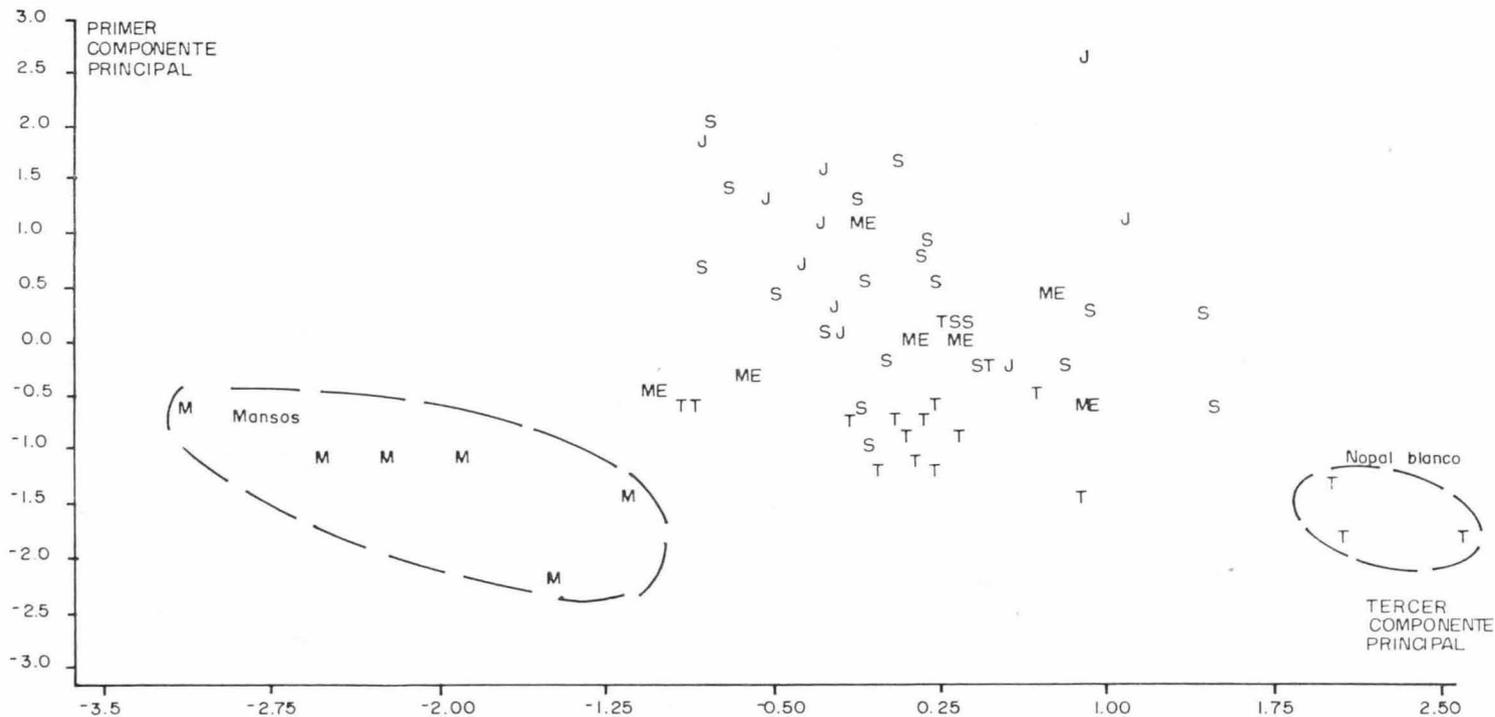


FIGURA 7. Gráfica del primer y tercer componente principal de 61 variantes de *Opuntia* spp. en Valle de Santiago, Guanajuato, 1981. Componentes obtenidos con base en las características del cladodio. (Proporción de la varianza explicada: primer componente = .22. tercer componente = .15.) J = joconostle; T = tomentosa; S = de monte; M = mansa; ME = mansa con espinas.

Otras características muy importantes son la densidad de areolas en el fruto y en el cladodio, la forma del fruto y de las semillas, el número y peso relativo de las semillas, el largo del cladodio y la densidad de espinas.

Además de las características anteriores, una prueba de T constató (Cuadro 9) que estos grupos difieren significativamente en el tamaño de las semillas y areolas, en la proporción de areolas en los bordes, en el peso relativo del pericarpo, en la profundidad relativa del ombligo y en el color del fruto. Todas estas características están relacionadas con las deseables antropocéntricamente (compárense Cuadros 8 y 9 con Cuadro 3).

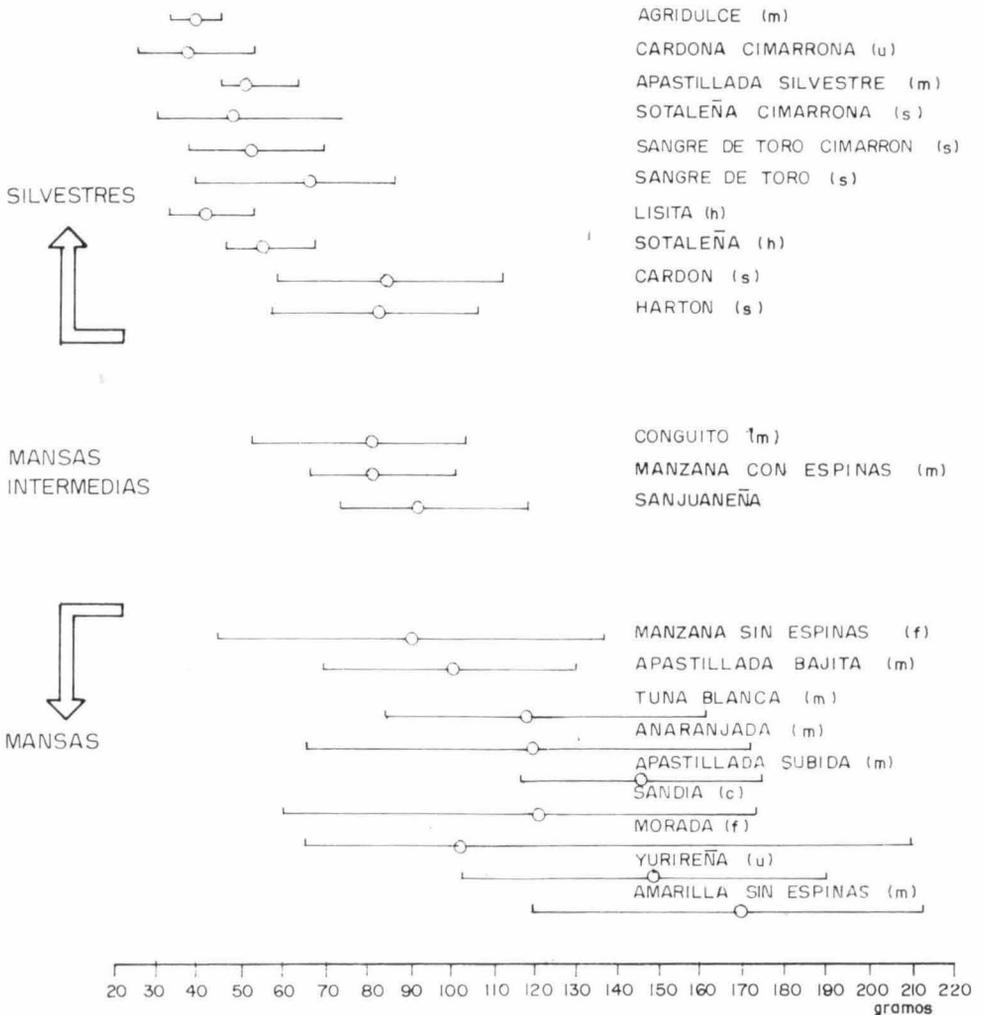


FIGURA 8. Medias y rangos del peso del fruto (g) de 10 variantes de tunas silvestres (*O. streptacantha* (s), *O. hyptiacantha* (h), *O. megacantha* (m) y 12 variantes de tunas mansas (*O. ficus-indica* (f), *O. undulata* (u), *O. crassa* (c), *O. megacantha* (m). Valle de Santiago, Guanajuato. Diferencias significativas entre ambos grupos a una $P < .0001$.

CUADRO 9

Diferencias relacionadas a domesticación de las variantes de tunas mansas (O. ficus-indica, O. undulata, O. crassa, O. megacantha) con respecto a las tunas de monte (O. streptacantha, O. hyptiacantha, O. megacantha) Valle de Santiago, Guanajuato. Medias, rangos, coeficientes de variación y prueba de T de las variables involucradas

Categoría	Media	Rango	CV	T	Prob> /T/	Variable	Diferencia
Mansa	6.25	4.3–8.2	14.63	21.98	.0001	N21 Largo pulpa	Frutos más grandes
Silvestre	3.86	2.3–5.3	13.62				
Mansa	8.20	5.2–11.4	16.64	20.36	.0001	N12 Largo fruto	
Silvestre	5.01	3.2–6.9	13.38				
Mansa	68.93	24.8–139.3	34.51	16.42	.0001	N47 Peso pulpa	
Silvestre	26.13	3–53.1	33.04				
Mansa	37.96	20–55	17.70	9.53	.0001	N1 Largo cladodio	Cladodios más grandes
Silvestre	30.05	19–41	16.31				
Mansa	21.58	12.5–33	18.64	8.66	.0001	N2 Ancho cladodio	
Silvestre	16.63	9–29.5	24.73				
Mansa	0.43	.34–.53	8.46	7.92	.0001	N25 Largo semilla	Semillas más largas
Silvestre	0.39	.28–.47	8.82				
Mansa	0.38	.20–.70	22.60	3.47	.0006	N7 Largo areola	Areolas más grandes
Silvestre	0.34	.20–.50	20.38				
Mansa	0.26	.10–.55	30.13	2.17	.0305	N8 Ancho areola	
Silvestre	0.24	.10–.45	25.10				

Mansa	1.54	1.10-2.06	15.00	12.01	.0001	N39 Prop. fruto	Frutos más largos
Silvestre	1.20	0.91-1.72	12.46				
Mansa	1.17	.93-1.45	9.39	8.67	.0001	N52 Prop. semillas	Semillas más largas
Silvestre	1.05	.84-1.31	7.61				
Mansa	0.07	.03-.14	29.56	10.34	.0001	N32 Dens. areol. cla.	Menor densidad de las areolas
Silvestre	0.11	.06-.18	25.63				
Mansa	1.11	.58-2.34	28.75	19.27	.0001	N42 Dens. areol. fru.	
Silvestre	2.04	1.32-3.14	16.74				
Mansa	0.25	.15-.34	13.87	7.72	.0001	N31 Prop. areol. bordes	Menor proporción de areolas en los bordes
Silvestre	0.29	.20-.39	13.88				
Mansa	0.43	.26-.69	18.69	6.33	.0001	N44 Peso rel. pericarpo	Menor peso relativo del pericarpo
Silvestre	0.52	.23-1.07	20.93				
Mansa	0.05	0-.15	78.23	3.69	.0003	N41 Prof. rel. ombligo	Menor profundidad relativa del ombligo
Silvestre	0.07	0-.18	61.04				
Mansa	0.054	.019-0.135	35.83	2.50	.0132	N50 Peso rel. semillas	Menor peso relativo de las semillas
Silvestre	0.069	0.004-0.141	78.69				
Mansa	35.39	22-46	21.54	8.13	.0001	N53 Matiz piel	Mayor variación de los colores del fruto, entrando colores más claros
Silvestre	41.87	39-48	2.95				
Mansa	32.21	21-43	26.18	7.35	.0001	N54 Matiz pulpa	
Silvestre	39.25	32-44	10.21				

En análisis gráfico de los parámetros en los que estas diferencias son mayores (v.gr. el peso del fruto, Figura 8), nos muestra la variación continua de un grupo a otro, con las poblaciones intermedias entre ambos. De igual forma puede apreciarse el gradiente en el que aumentan los rangos y el coeficiente de variación de estos caracteres al pasar de las silvestres a las mansas (Cuadro 9).

El análisis de la relación peso del fruto-número de semillas normales (Figura 9), componentes de la característica peso relativo de las semillas, nos indica que en las poblaciones silvestres la correlación entre estas variables es alta ($R^2=.747$) y parece ser lineal. Con el aumento del tamaño del fruto esta correlación se pierde ($R^2=.410$), ya que el número de semillas aumenta, pero gran parte son abortivas.

Los caracteres con más peso en la función discriminante entre los nopales blancos (*O. atropes*) y el resto de los nopales tomentosos (Cuadro 10), así como el análisis de sus medias, indican que se diferencian principalmente en que tienen más largas y más anchas las areolas y en que tienen menos areolas en los bordes, todas características deseables para una mayor facilidad en el pelado (compárese con Cuadro 3).

CUADRO 10

Coefficientes de la primera función discriminante canónica entre variantes de O. atropes y las variantes de O. tomentosa, O. jaliscana y O. velutina. Con base en caracteres del cladodio. R^2 canónica = 1

Variable	Coefficiente	
N1	Largo cladodio	0.3376
N2	Ancho cladodio	-0.5881
N3	Grosor cladodio	-0.5881
N4	Areolas bordes	0.7651 *
N5	Areolas caras	0.7294
N6	Dist. entre areolas	-0.9287 *
N7	Largo areolas	-0.8919 *
N8	Ancho areolas	-0.7848 *
N9	Espinas por areola	-0.4340
N10	Largo máx. espinas	-0.9305 *
N11	Largo mín. espinas	-0.7740 *
N27	Proporción cladodio	-0.6642
N28	Grosor rel. cladodio	-0.3874
N30	Areolas cladodio	0.7700 *
N31	Prop. areol. en bordes	-0.5281
N32	Densidad areol. cladodio	0.6668
N33	Dist. relativa areolas	-0.9232 *
N34	Proporción areolas	0.1573
N35	Areolas con espinas	0.3977
N37	Proporción espinas	-0.1107
N38	Índice espinas	-0.5705
N55	Densidad espinas	0.2331

* Variables con mayor peso en la función.

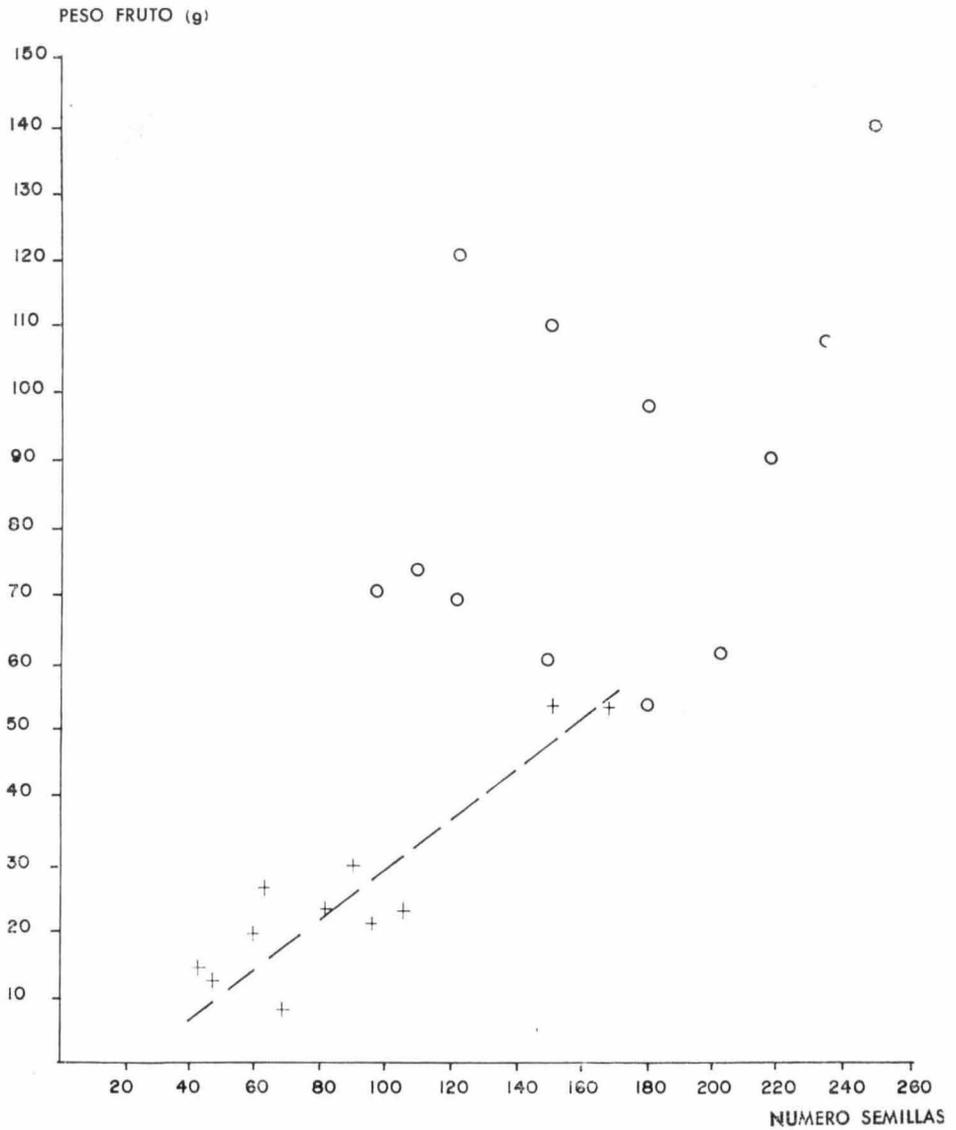


Figura 9. Correlación entre peso del fruto (g) y número de semillas en 10 variantes de tunas silvestres (*O. streptacantha*, *O. hyptiacantha*, *O. megacantha*) y 12 variantes de tunas mansas (*O. ficus-indica*, *O. undulata*, *O. crassa*, *O. megacantha*). Valle de Santiago, Guanajuato.

4. DISCUSIÓN

4.1 *Orientación, intensidad y racionalidad del manejo y selección de Opuntia*

Según los resultados de González (1978) y Valencia (1981), el uso y manejo de las nopaleras es una de las principales alternativas de producción y ocupación de mano de obra a la que han tenido que recurrir, ante el desarrollo del capitalismo, los campesinos más pobres del municipio.

Dada su importancia económica y cultural, los huamileros han prestado gran atención a la conservación, fomento y selección de las variantes más apreciadas a través de:

- 1) Conservar poblaciones reducidas de las formas silvestres.
- 2) Modificar la composición de las comunidades asociadas con el sistema agrícola del huamil.
- 3) Obtener una mayor producción.
- 4) Auspiciar variantes que reúnan en mayor grado las características antropocéntricas.

Algunos criterios en la selección de variantes que son propagadas y de variantes que son toleradas y cultivadas, están relacionados con las diferentes características deseables para su uso, proceso de elaboración y de comercialización (Cuadro 3).

Otros criterios están orientados al desarrollo, tanto de variantes adaptadas a los microhabitat del huamil, como de variantes adaptadas a los agrohabitat del huerto y las áreas abiertas con suelos más profundos. Esto le permite al campesino el aprovechamiento de todos los agrohabitat que maneja y una respuesta, tanto a sus necesidades y preferencias directas, como a las de comercialización.

En general las variantes adaptadas al huamil, es decir, que requieren menos cuidados para producir, presentan características más acordes con las preferencias y necesidades directas de los campesinos, como el color rojo y sabor más dulce del fruto, así como un período amplio de producción. Las variantes adaptadas al huerto y áreas abiertas, que requieren mayores modificaciones al medio y mayor protección para producir, tienen características más relacionadas a su comercialización, como una menor cantidad de semillas y espinas, mayor tamaño y resistencia de la cáscara y un período más definido de producción.

De acuerdo a la concepción tradicional, la intensidad con que se manejan las poblaciones está en relación al grado de dependencia que las variantes tienen del hombre y en relación al nivel de preferencia que éste tiene de cada una de ellas.

La definición tradicional de los nopales mansos puede considerarse equivalente a las definiciones de las plantas domesticadas que han formulado autores como Darwin (1969), Harlan (1975) y Schwanitz (1976), quienes las han concebido como plantas que dependen para su sobrevivencia de los habitat mantenidos por el hombre y cuyas características diferenciales de los parientes silvestres son un producto de la selección artificial y de su adaptación a las condiciones de los agrohabitat.

Los cuatro tipos de manejo encontrados pueden interpretarse como cuatro niveles en una tendencia hacia:

1) Modificar las características de las poblaciones de *Opuntia* y las condiciones en que se desarrollan, desde el punto de vista del interés antropocéntrico.

2) Transformar la comunidad original en una con mayor número de individuos de las variantes apreciadas, pero conservando una diversidad alta que permita obtener productos dentro de una gama amplia de usos, preferencias y períodos (Figuras 2 y 3).

Así tenemos que el manejo de las poblaciones silvestres puede verse como un nivel en el que las prácticas involucradas parecen tener un efecto muy incipiente, ya que sólo se realizan algunas de conservación del recurso y de fomento a las poblaciones más apreciadas.

El manejo de las poblaciones asociadas al huamil involucra prácticas que parecen tener un mayor efecto en la modificación de la comunidad, de las poblaciones y de sus condiciones de vida, principalmente porque están dirigidas a los individuos más apreciados y porque representan un manejo más intenso.

La plantación de nopales y su manejo en el huamil, cualitativamente representa una mayor posibilidad de modificación de la comunidad y de las poblaciones, pues implica un manejo más intenso y una práctica fundamental: la propagación de variantes seleccionadas.

Existen tres ventajas notorias que la plantación da a las poblaciones en comparación con las poblaciones que sólo son toleradas o fomentadas. En primer lugar, la propagación hecha por el hombre es, en la mayor parte de los casos, vegetativa, lo cual permite a la planta establecerse con más rapidez. En segundo lugar, normalmente el material reproductivo consta de más de una penca, lo que le permite establecerse todavía más pronto y con mayor seguridad. En tercer lugar, la posición vertical dentro del suelo parece inducir un mayor número de raíces, permitiendo mayor arraigo y, por tanto, menos peligro de que la penca sea arrancada por un efecto mecánico.⁴

El manejo de las poblaciones en el huerto y las cercas vivas representa el nivel más alto de modificación de la comunidad original, de transformación de las condiciones de vida en que se desarrollan las poblaciones y de intensidad y cuidado en la selección del material propagado.

A través de estos cuatro niveles, puede observarse que conforme el manejo es más intenso, la abundancia relativa de las variantes más apreciadas aumenta, mientras que el de las menos apreciadas disminuye (Figura 3). El índice de predominio, por lo tanto, también se incrementa, pero el índice de diversidad se mantiene prácticamente constante (Figura 3).

La práctica observada en los cuatro grados de manejo, de tolerar, a través de una selección consciente e incluso de trasplantar para su manejo, a las plantas naci-

⁴ La mayor ventaja para el establecimiento de la posición vertical con respecto a la horizontal, ha sido estudiada experimentalmente por Vázquez (1981).

das por semilla, posiblemente sea una práctica mediante la cual se introduce variabilidad al material cultivado.

4.1.2 Grados de domesticación y manejo agrícola

El análisis de la variación morfológica indicó que la intergradación entre tunas silvestres y mansas se corresponde con la definida tradicionalmente y con la que hay en su manejo: los nopales silvestres poco apreciados son los que se encontraron más alejados de los mansos en el primer componente principal, los que son propagados se encontraron más cercanos, los más apreciados (Hartón y Cardón) aún más y los intermedios entre los más apreciados y los mansos.

Esta integración también se encuentra asociada con algunas de las relaciones taxonómicas que se han postulado entre la serie *Streptacanthae* y la *Ficus-indicae* a las que pertenecen estas variantes.

Britton y Rose (1919-1923:177) opinan que las especies de la serie *Ficus-indicae* son formas inermes de especies de la serie *Streptacanthae*, y que su colocación en una serie especial sólo es a modo de conveniencia. Griffiths (1914, citado por Bravo, 1978) opina que *O. megacantha* se encuentra más cercana a la forma silvestre y que quizá de esta especie se derivó *O. ficus-indica*.

Las hipótesis de estos autores parecen ser coherentes con las evidencias etnobotánicas y morfológicas aquí presentadas de que existen variantes mansas, intermedias y de monte de *O. megacantha* (Cuadro 7 y Figura 5) que se encuentran relacionadas por un lado con la serie *Ficus-indicae* y por otro, con otras especies de la serie *Streptacanthae*.

La posición relativa de las variantes silvestres reproducidas, intermedias y mansas de los nopales apreciados como tunas, en la gráfica de componentes principales (Figura 4), puede ser interpretada en términos de una menor o mayor correspondencia de sus caracteres morfológicos con los caracteres deseados por el hombre, ya que sus principales diferencias están relacionadas a las características deseables antropocéntricamente (compárense Cuadros 8 y 9 con Cuadro 3).

Esta posición relativa y su correspondencia con el grado de manejo puede ser interpretada como un resultado de la selección del hombre, o como una correspondencia entre las características que las variantes presentan de forma natural y la mayor preferencia y atención que se les da a estas variantes.

La primera interpretación nos parece más congruente con los siguientes hechos: 1) la relación de estas características con los móviles actuales de selección y manejo diferencial, 2) su relación con las tendencias señaladas por autores como Schwanitz (1966) para las plantas domesticadas (Cuadro 11) y 3) las observaciones de campo de que no se pueden encontrar poblaciones silvestres establecidas de los nopales mansos, apoyada por la opinión de Britton y Rose (1919-1923:177) en este mismo sentido y por la concepción tradicional de que ésta es una característica de los nopales mansos.

En términos de las variantes intermedias, esta interpretación significaría que éstas se encuentran en estadios incipientes de domesticación.

CUADRO 11

Tendencias de cambio morfológico en partes útiles de Opuntia como adecuación progresiva a las presiones de selección artificial y su correspondencia con las tendencias de domesticación discutidas por Schwanitz (1966)

Característica observada	Tendencia bajo domesticación, según Schwanitz, 1966
Mayor tamaño y peso del fruto	Gigantísimo en estructuras apreciadas
Mayor tamaño del cladodio	
Mayor tamaño de las semillas	Gigantísimo en estructuras correlacionadas
Mayor tamaño de las areolas	
Forma más alargada de frutos y semillas	Cambios en la forma de los productos apreciados
Mayor variación en el color de los frutos	
Mayor variación en el tamaño y peso de los frutos	Mayor variación en los caracteres apreciados por el hombre
Maduración más temprana	
Fructificación más temprana	Cambios en el ciclo de vida
Mayor proporción de semillas abortivas	Pérdida de los medios naturales de dispersión
Menor proporción del peso del pericarpio	
Menor proporción del peso de semillas	Mayor rendimiento del producto deseado
Menor profundidad relativa del ombligo	
Menor proporción del peso de semillas	Pérdida de correlación entre variables correlacionadas en estado silvestre
Menor densidad de areolas en frutos y pencas	
Menor proporción de areolas en los bordes	

La prueba de que esta interpretación es correcta escapa a las evidencias presentadas en este trabajo. Para ello sería necesario:

1) Demostrar que las diferencias morfológicas encontradas se deben a diferencias genotípicas, para esto sería necesario cultivarlas y evaluarlas en condiciones homogéneas.

El hecho de que las características diferenciales se conserven en poblaciones que crecen en un mismo terreno de cultivo y la consistencia que mostraron las poblaciones muestreadas en diferentes sitios, parecen indicar que estas características se mantienen independientemente del lugar en que crece la planta.

2) Demostrar que el hombre ha contado con mecanismos que le han permitido acumular el cambio genético consciente o inconscientemente en ciertas direcciones.

Las prácticas tradicionales de manejo y selección aclaradas en esta investigación, podrían representar algunos de estos mecanismos. Sería necesario evaluarlas experimentalmente y explorar la existencia de mecanismos equivalentes dentro de otras

áreas en donde su manejo ha sido importante históricamente. Las preguntas que se sugieren son:

i) ¿Cuál es la influencia de las prácticas tradicionales de favorecimiento de los individuos más apreciados, en la composición genética de las poblaciones?

ii) ¿Cuál es la influencia de las prácticas de tolerancia de individuos producidos por reproducción sexual, su selección en caso de presentar características deseables y su propagación vegetativa posterior?

iii) ¿Cuál es la influencia de la selección continua del material propagado vegetativamente?

iv) ¿Cuál es la influencia de la diversidad mantenida en el huamil en la producción de variabilidad?

v) ¿Cuál es la influencia genética, en este contexto, de las variantes mansas de *O. ficus-indica* y las de *O. megacantha* sobre las poblaciones silvestres? ⁵ ¿Se ha producido una infiltración genética que haya sido una de las fuentes de mejoramiento antropocéntrico de las variantes silvestres?

En una situación similar a evaluar, se encuentra el Nopal Blanco (*O. atropes*), especie a la que se presta gran atención local para usarla como nopalito y que parece estar diferenciada morfológicamente de las especies afines en los caracteres de penca desecados por el hombre (Cuadro 10 y Figura 7).

La ausencia de diferenciación morfológica entre el grupo de los joconostles que son propagados y cultivados y los que no lo son (Figura 4), parece indicar que no ha habido selección humana, que ésta no ha ocasionado cambios detectables o que los efectos de la selección no se reflejan en las características medidas. Una de las características más apreciadas, los pericarpos grandes con respecto al tamaño del fruto, aparece en las poblaciones silvestres y no parece haber sido modificada por el hombre. Sin embargo, podría ser que si se tomaran en cuenta características como la acidez del pericarpio, sí podría detectarse alguna diferenciación.

CONCLUSIONES

1. Las poblaciones de *Opuntia* en Valle de Santiago son manejadas a cuatro niveles de intensidad en cuanto a dos objetivos: a) modificación según el interés antropocéntrico, de las características de las poblaciones y las condiciones de vida en que se desarrollan y, b) modificación de la composición original de la comunidad de nopales en una con el mayor número de individuos de las variantes apreciadas, pero conservando una diversidad alta que permita obtener productos dentro de una gama amplia de usos, preferencias y períodos.

2. Los criterios de selección están orientados tanto al desarrollo de variantes adaptadas al cultivo de huamil, como al de variantes adaptadas al huerto y parcelas abiertas. De igual manera, tanto a desarrollar variantes que satisfagan las necesidades

⁵ Un ejemplo de repercusión genética de *O. ficus-indica* sobre una población silvestre puede verse en Benson y Walkington (1965).

y preferencias directas del productor, como de variantes adecuadas para su comercialización.

3. La relación de las características que diferencian a las tunas silvestres de las mansas con su diferente intensidad de manejo, los móviles de selección artificial actual y las tendencias de las plantas domesticadas, parecen indicar que estas características se deben a la selección artificial de una forma directa o indirecta. La demostración de esta hipótesis escapa a las evidencias presentadas en este trabajo.

4. De la especie *O. megacantha* se encontraron variantes *mansas*, intermedias, *de monte* que ocasionalmente son propagadas por el hombre y *de monte* que no lo son. Estas variantes se encuentran relacionadas en cuanto a su morfología, uso y manejo, con las especies de la serie *Ficus-indicae* por un lado, y con *O. streptacantha* y *O. hyptiacantha* por otro.

Esto coincide con las opiniones de Britton y Rose (1919-1923) y Griffiths (1914) sobre la relación taxonómica de las series *Streptacanthae* y *Ficus-indicae*.

5. Las variantes de *O. joconostle* cultivadas no mostraron una diferenciación morfológica de las que no son, y todas parecen encontrarse en estado silvestre.

6. *O. atropes*, la especie silvestre más apreciada y propagada para su uso como verdura, parece estar diferenciada morfológicamente de las especies afines en el sentido de los caracteres de interés para el hombre.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS R., L.M. 1980. *Relación entre agrohabitats y variantes del complejo Phaseolus coccineus L. en la Mesa Central de Chiapas, México*. Tesis Profesional, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- BENSON, L. y D.L. WALKINGTON, 1965. *The southern californian prickly-pears-invasion, adulteration and trial-by fire*. Annals of the Missouri Botanical Garden 52:262-273.
- BRAVO H., H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. 1. UNAM, México.
- BRETTING, P.K. 1981. *A systematic and ethnobotanical survey of Proboscidea and allied genera of the Martyniaceae*. Ph. D. Dissertation. Department of Biology, Indiana University.
- BRITTON, N.L. y J.N. ROSE. 1919-1923. *The Cactaceae*. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. 4 vol. Washington, D.C. (reimpresión: Dover Publications, Inc. New York, 1963).
- CALLEN, E. 1967. *Analysis of the Tehuacan coprolites*. En: Byers, D.S. (ed.). *The Prehistory of the Tehuacan Valley. Volume One. Environment and Subsistence*. University of Texas Press. Austin, Texas.
- CASTILLO M., A. 1969. *Diferenciación estadística de biotipos*. Tesis de Maestro en Ciencias C.P. Chapingo, México.
- GROVELLO, T.J. 1974. *Analysis of character variation in systematics*. En: Radford, A.E. *et al.* *Vascular Plant Systematics*. Harper & Row, Publishers, New York.
- DARWIN, CH. 1969. *El origen de las especies*. (Traducido del inglés). UNAM, México. Tomo I.
- DAVIS IV, T. y R.A. BYE, JR. 1982. *Ethnobotany and progressive domestication of Jaltomata (Solanaceae) in Mexico and Central America*. Economic Botany 36(2):225-241.

- DE LAS CASAS, G. 1944. *Guerra de los chichimecas*. 1574. Noticia de J.F. Ramírez y Luis González Obregón. Vargas Rea. México.
- DE WET, J.M.J. y J.R. HARLAN. 1975. *Weeds and domesticates: evolution in the man-made habitat*. *Economic Botany* 29(2):99-107.
- FLANNERY, K.V. 1973. *The origins of agriculture*. *Annual Review of Anthropology*. 2:271-310.
- GONZÁLEZ M., L. 1978. *Estrategias socio-económicas del campesinado frente a la expansión de la agricultura comercial. Ejido de Loma Tendida, Valle de Santiago, Gto.* Tesis Profesional. Antropología Social. Universidad Iberoamericana. México.
- GOODMAN, M.M. 1974. *Numerical aids in taxonomy*. En: Radford, A.E. et al. (ed.). Harper & Row, Publishers. New York.
- HARLAN, J.R. 1970. *Evolution of cultivated plants*. En: O.H. Frankel y E. Bennet (eds.). *Genetic resources in plants, their exploration and conservation*. Blackwell Scientific Publishers. Oxford.
- . 1975. *Crops and man*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- HARRIS, D. 1969. *Agricultural systems, ecosystems and the origins of agriculture*. En: Ucko, P.J. y G.W. Dimbleby (eds.). *The domestication and exploitation of plants and animals*. G. Duckworth & Company. London.
- HERNÁNDEZ X., E. 1978. *Agroecosistemas, tecnología agrícola tradicional y fitomejoramiento del maíz en México*. *El Correo de ANECH*. 1 (1):49-51.
- . G. ALANÍS F. 1970. *Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: implicaciones filogenéticas y fitogeográficas*. *AGROCIENCIA*, 5(1):3-30.
- JOHANNESSEN, C.L. 1982. *Domestication process of maize continues in Guatemala*. *Economic Botany*. 36 (1):39-99.
- KIRCHOFF, P. 1943. *Mesoamérica*. Acta Americana. Vol. 1.
- MARTÍN DEL CAMPO, R. 1957. *Las cactáceas entre los Mexica*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 2(2):27-39.
- NABHAN, G., A. WHITING, H. DOBYNS, R. HEOLY y R. EULER. 1981. *Devil's claw domestication: evidence from southwestern indian fields*. *Journal of Ethnobiology*. 1(1):135-164.
- ODUM, E.P. 1972. *Ecología*. Nueva Edit. Interamericana, México. 3ª ed.
- ORTEGA P., R.A. 1973. *Variación en maíz y cambios socio-económicos en Chiapas, Méx. 1946-1971*. Tesis de Maestro en Ciencias especialista en Botánica. CP. Chapingo, México.
- PALERM, A. y E. WOLF. 1972. *Potencial ecológico y desarrollo cultural en Mesoamérica*. *Agricultura y Civilización en Mesoamérica*, SEP-INAH.
- SAS Institute Inc. 1982. *SAS User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina.
- SCHWANITZ, F. 1966. *The origin of cultivated plants*. Harvard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts.
- SNEATH, P.H.A., y R.R. SOKAL. 1973. *Numerical taxonomy*. W.H. Freeman, San Francisco.
- VALENCIA O., R. 1981. *Persistencia y expansión de sistemas agrícolas tradicionales: el caso del huamil en el Bajío*. Tesis Profesional. Departamento de Antropología Social. Area Concentración Rural. UAM. Iztapalapa.
- VÁZQUEZ A., A. 1981. *El nopal*. Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Publicación Especial 34. México, D.F.
- ZIZUMBO V., D. 1985. *Estrategias tradicionales en la utilización del agua de lluvia (el caso de Yuriria, Guanajuato)*. Tesis de Maestro en Ciencias especialista en Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México.

APENDICE 1

Serie, nombre científico, nombre común y número de colecta de las variantes de Opuntia ssp. en Valle de Santiago, Guanajuato. 1980-1981

Serie	Nombre científico	Nombre común	Núm. de colecta
Elatiores	<i>O. aff. fuliginosa</i> Griffiths	Viudita	PC-111
Ficus-indicae	<i>O. ficus-indica</i> (Linné) Miller	Amarilla sin espinas	74
		Manzana sin espinas	83
		Morada, Ceniza	75
		Nunca vista	121
	<i>O. crassa</i> Haworth	Sandía	73
	<i>O. undulata</i> Griffiths	Burrióna	120
		Yurireña	76
Leucotrichae	<i>O. aff. leucotrichae</i> De Candolle	Jocotuna blanca. Peludita	101
Macdougalinae	<i>O. atropes</i> Rose	Nopal blanco chico	107
		Nopal blanco espada	110
		Nopal blanco grande	113
	<i>O. jaliscana</i> Bravo	Gigante	92
	<i>O. aff. jaliscana</i> Bravo	Chamacuerito	54
		Duraznillo, Verija de chepa	67
	<i>O. aff. velutina</i> var. <i>macdougaliana</i> (Rose) Bravo	Boludito	72
		Cardona cimarrona	70
Robustae	<i>O. robusta</i> var. <i>larreyi</i> (Weber) Bravo	Camuesa alargada	128
		Camuesa redonda	91
	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i> (Weber) Bravo	Camuesa cimarrona	103
Streptacanthae	<i>O. joconostle</i> Weber	Joconostle colorado, J. agrio, J. cuaresmeño	61
		Joconostle amarillo	105
	<i>O. aff. joconostle</i> Weber	Joconostle anaranjado (Cintura)	125
		Joconostle anaranjado chico	104
		Joconostle barrilito (Mol.)	65
		Joconostle barrillito (Cin.)	126
		Joconostle blanco	122
		Joconostle de burro (Mol.)	59
		Joconostle de burro (Cintura)	127
		Joconostle de burro (R. de Parangueo)	124

APENDICE 1 (Continuación)

Serie	Nombre científico	Nombre común	Núm. de colecta
		Joconostle cenizo,	
		J. chaveño	102
		Joconostle chapeadito	112
		Joconostle liso,	
		J. cuerudo	123
Streptacanthae	<i>O. hyptiacantha</i> Weber	Lisita	55
		Peralteño	97
		Sotaleña	62
	<i>O. lasiacantha</i> Pfeiffer	Joconostle ahuevado,	
		Joconostle blanco	71, 118
		Joconostle perón,	
		Joconostle anaranjado	89, 119
	<i>O. megacantha</i> Salm-Dyck	Agridulce	63
		Amarillo con espinas	82
		Apastillada bajita	78
		Apastillada silvestre	57
		Apastillada subida	56
		Jitomatilla grande	114
		Languano	96
		Manzana con espinas	90
		Piltrillo	99
		Sanjuaneña	84
		San Pedreña	93
		Tuna blanca	80
	<i>O. megacantha</i> × <i>O. streptacantha</i> ?	Anaranjado	81
		Conguito	77
	<i>O. streptacantha</i> Lemaire	Cardona	79
		Hartona	53
		Jocotuna morada	100
		Sangre de toro cimarrón	68
		Sotaleña cimarrona	88
	<i>O. streptacantha</i> × <i>O. hyptiacantha</i> ?	Sangre de toro, Nopal de puerco, Torito, Platero	58
Tomentosae	<i>O. tomentosa</i> Salm-Dyck	Aguamielilla	60
		Ceniza	94
		Chiquihuitilla, Huesuda	86
		Giganta	108
		Jitomatilla	66
		Negrita	69
		Nopal doroteo	95
		Pachona	64
		Peludita	106
		Sarquita	85
		Zorrillo	109

APENDICE 2

Caracteres cuantitativos (a) y cualitativos (b) evaluados en 55 variantes de Opuntia spp. en Valle de Santiago, Guanajuato, 1981, y forma en que se tomaron los datos (c)

CÓDIGO	CARACTERES		
(a) CARACTERES CUANTITATIVOS			
N1	Largo del cladodio (cm)		
N2	Ancho del cladodio (cm)		
N3	Grosor del cladodio (cm)		
N4	Número de areolas en los bordes		
N5	Número de areolas en las caras		
N6	Distancia entre areolas (cm)		
N7	Largo de las areolas (cm)		
N8	Ancho de las areolas (cm)		
N9	Número de espinas por areola		
N10	Largo máximo de las espinas (cm)		
N11	Largo mínimo de las espinas (cm)		
N12	Largo del fruto (cm)		
N13	Ancho del fruto (cm)		
N14	Peso del fruto (gr)		
N15	Profundidad del ombligo (cm)		
N16	Diámetro del ombligo (cm)		
N17	Número de areolas por fruto		
N18	Grosor máximo del pericarpo (cm)		
N19	Grosor mínimo del pericarpo (cm)		
N20	Peso fresco del pericarpo (g)		
N21	Largo de la pulpa (cm)		
N22	Ancho de la pulpa (cm)		
N23	Peso total de las semillas (g)		
N24	Número total de semillas		
N25	Largo de las semillas (cm)		
N26	Ancho de las semillas (cm)		
N27	Proporción del cladodio	N1/N2	Largo/ancho
N28	Grosor relativo del cladodio	N3/N1	Grosor/largo
N29	Superficie del cladodio (cm ²)	2(N1×N2)	
N30	Número total de areolas del cladodio	N4+N5	Núm. en los bordes + Núm. en las caras
N31	Proporción de las areolas en el borde	N4/N30	Núm. en los bordes/Núm. total
N32	Densidad de las areolas en el cladodio (areol/cm ²)	N5/N29	Núm. areola en las caras/superficie del cladodio
N33	Distancia relativa de las areolas	N6/N1	Distancia entre areolas/largo del cladodio
N34	Proporción de las areolas	N7/N8	Largo/ancho
N35	Número de areolas con espinas	Si C11=.,N35=.	C11=Distrib. espinas
		C11=1,N35=N30	N30=Núm. total de areolas en el cladodio
		C11=2,N35=N30×.5	
		C11=3,N35=N30×.75	
		C11=4,N35=N4	N4=Núm. areolas bordes
		C11=5,N35=N30×.1	
		C11=6,N35=cero	

APENDICE 2 (Continuación)

CÓDIGO	CARACTERES		
N37	Proporción entre espinas	N10/N11	Largo mínimo/largo máximo de las espinas
N38	Índice de espinosidad	$\frac{N55 \times N10}{N37}$	Densidad de espinas \times largo máx. espinas/proporción entre espinas
N39	Proporción del fruto	N12/N13	Largo/ancho del fruto
N40	Superficie del fruto (cm ²)	$2\pi \times N16/2 \times N12$	
N41	Profundidad relativa del ombligo	N15/N12	Prof. ombligo/largo fruto
N42	Densidad de las areolas del fruto (areol/cm ²)	N17/N40	Núm. de areolas/superficie del fruto
N43	Proporción del grosor del pericarpio	N19/N18	Grosor mínimo/grosor máximo pericarpio
N44	Peso relativo del pericarpio	N20/N14	Peso pericarpio/peso fruto
N45	Grosor relativo del pericarpio	$(N18 \times 2)/N13$	$2 \times$ grosor máx. pericarpio/ancho fruto
N46	Proporción de la pulpa	N21/N22	Largo/ancho de la pulpa
N47	Peso de la pulpa (g)	N14/N20	Peso del fruto/peso del pericarpio
N48	Peso relativo de la pulpa	N47/N14	Peso de la pulpa/peso del fruto
N49	Ancho relativo de la pulpa (cm)	N22/N13	Ancho de la pulpa/ancho del fruto
N50	Peso relativo de las semillas	N23/N47	Peso de la semillas/peso de la pulpa
N51	Peso por semilla (g)	N23/N24	Peso total semillas/núm. total semillas
N52	Proporción de la semilla	N25/N26	Largo/ancho
N53	Matiz de la piel (Abanico de Color Munsell)		
N54	Matiz de la pulpa (Abanico de Color Munsell)		
N55	Densidad de espinas (esp/cm ²)	N36/N29	Núm. espinas por cla./sup. del cladodio
N56	Diámetro rel. del ombligo	N16/N13	Diám. del ombligo/ancho del fruto
N57	Luminosidad de la piel (Abanico de Color Munsell)		
N58	Luminosidad de la pulpa (Abanico de Color Munsell)		

APENDICE 2 (Continuación)

CÓDIGO	CARACTERES	CÓDIGO	CARACTERES
(b) CARACTERES CUALITATIVOS			
C1	Forma del cladodio 1. Circular 2. Ovado 3. Obovado 4. Oblongo 5. Ovalado 6. Lanceolado		2. Castañas 3. No hay glóquidas
C2	Tonalidad del cladodio 1. Lustroso 2. Opaco	C9	Color de espinas 1. Castañas 2. Amarillas 3. Blancas 4. Blancas y castañas 5. Blancas y amarillas 6. No hay espinas
C3	Textura del cladodio 1. Glabro 2. Tomentoso	C10	Forma de las espinas 1. Retorcida 2. Recta 3. No hay espinas
C4	Tamaño del tubérculo 1. Muy prominente 2. Regular 3. Poco prominente 4. Plano	C11	Distribución de las espinas en el cladodio 1. Homogénea 2. Mitad superior 3. Dos tercios superiores 4. Bordes 5. Escasas y dispersas 6. No tiene
C5	Color del tubérculo 1. Verde 2. Rojizo	C12	Posición de las espinas 1. Adpresas 2. Erectas 3. No tiene
C6	Color de la lanosidad 1. Negra 2. Gris 3. Café 4. Negra y café 5. Amarilla	C13	Forma del fruto 1. Globoso 2. Elíptico 3. Obovoide 4. Ovoide 5. Cilíndrico 6. Alargado 7. Pedunculado
C7	Cantidad de glóquidas 1. Muchas 2. Regular 3. Pocas 4. Nada	C15	Textura de la piel 1. Glabra 2. Tomentosa
C8	Color de las glóquidas 1. Amarillas		

(c) TOMA DE DATOS

Los caracteres de la penca siempre fueron medidos en estructuras que ya hubieran producido cladodios o frutos. Los del fruto en estructuras maduras.

El número de espinas, su largo máximo y su largo mínimo, así como el largo y ancho de las areolas, se midieron siempre en la tercera areola de derecha a izquierda, de la tercera hilera de areolas de arriba a abajo. La distancia entre areolas se midió siempre entre esta areola y la cuarta de la misma hilera. En el número total de semillas no fueron incluidas las semillas abortivas. Su largo y ancho se obtuvo como un promedio de 10.

El color de la piel del fruto y de la pulpa se especificó con la notación Munsell, comparando a la luz del día el color dominante del fruto con el Abanico de Color Munsell fabricado por Munsell Color Macbeth Color & Photometry Division, Baltimore.